

Was bleibt von einem Wort?

*Untersuchung zur semantischen Analyse nicht berichtbarer
Worte im attentional blink: Verhaltensdaten und
Elektrophysiologie*

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

dem
Fachbereich Psychologie
der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt

von
Bettina Rolke
aus Frankfurt

Marburg/Lahn 2002

Vom Fachbereich Psychologie der Philipps-Universität Marburg als Dissertation
am 18. Dezember 2002
angenommen.

Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Heil
Zweitgutachter: Prof. Dr. Frank Rösler

Tag der mündlichen Prüfung am 18.12.2002

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	3
2.1 Semantische Bahnung	4
2.1.1 Der semantischen Bahnung theoretisch zugrundeliegende Mechanismen	4
2.1.1.1 Automatische Aktivierungsausbreitung	4
2.1.1.2 Erwartungsbasierte Prozesse	6
2.1.1.3 Postlexikalische Bahnungsprozesse	7
2.1.2 Kontrollierte semantische Bahnungseffekte	9
2.1.2.1 Erwartungs- und strategiebasierte Bahnung	9
2.1.2.2 Rückwärts-Bahnung, vermittelte Bahnung und der Zwischenwort-Effekt	11
2.1.2.3 Prime-Aufgaben-Effekt	13
2.1.3 Automatische semantische Bahnungseffekte	16
2.1.3.1 Selektive Aufmerksamkeitsstudien	17
2.1.3.2 Maskierungsstudien	20
2.1.4 Das Problem "Bewußtsein"	27
2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)	33
2.2.1 Methode	33
2.2.2 Die N400 – semantische Verarbeitung?	34
2.2.3 Die P300 - Erkennung eines relevanten Reizes?	41
2.3 attentional blink	45
2.3.1 Schnelle Reizdarbietungsaufgabe	46
2.3.2 Ein Aufmerksamkeitsdefizit: attentional blink	47
2.3.2.1 Ein Inhibitionsmodell des attentional blink	48
2.3.2.2 Ein Interferenzmodell des attentional blink	51
2.3.2.3 Ein Zwei-Stufen-Modell des attentional blink	53
2.3.2.4 Ein zentrales Flaschenhalsmodell des attentional blink	55
2.3.2.5 Zusammenfassung der Modellbildung des attentional blink	58
2.4 Ableitung der Fragestellung	60
3 Experimentelle Prüfung der Fragestellung	71
3.1 Nicht berichtbare Worte innerhalb des attentional blink lösen einen N400-Effekt aus (Experiment 1)	71

3.1.1 Methode	72
3.1.1.1 Probanden	72
3.1.1.2 Material	72
3.1.1.3 Versuchsablauf	74
3.1.1.4 EEG-Aufzeichnung	75
3.1.1.5 Auswertung	76
3.1.2 Ergebnisse	77
3.1.2.1 Verhaltensdaten	77
3.1.2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale	79
3.1.2.2.1 P300	79
3.1.2.2.2 N400	81
3.1.3 Diskussion	83
3.1.3.1 Verhaltensdaten	83
3.1.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale	84
3.1.3.3 Einschätzung	85
3.2 Der Einfluß eines Zwischenreizes auf die semantische Bahnung (Experiment 2)	90
3.2.1 Methode	91
3.2.1.1 Probanden	91
3.2.1.2 Material	92
3.2.1.3 Versuchsablauf	94
3.2.1.4 EEG-Aufzeichnung	94
3.2.1.5 Auswertung	94
3.2.2 Ergebnisse	95
3.2.2.1 Verhaltensdaten	96
3.2.2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale	97
3.2.2.2.1 P300	97
3.2.2.2.1 N400	99
3.2.3 Diskussion	101
3.2.3.1 Verhaltensdaten	101
3.2.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale	102
3.2.3.3 Einschätzung	103
3.3 Interferenz oder Gedächtniszerfall? Und - der Zeitverlauf der semantischen Bahnung (Experiment 3)	104
3.3.1 Methode	106
3.3.1.1 Probanden	106
3.3.1.2 Material	107
3.3.1.3 Versuchsablauf	108

3.3.1.4 Daten-Aufzeichnung	108
3.3.1.5 Auswertung	109
3.3.2 Ergebnisse	110
3.3.3 Diskussion	113
3.3.3.1 Einschätzung	115
3.4 Der Einfluß des Kontrastes auf die Erkennung der Zielworte im attentional blink (Experiment 4)	119
3.4.1 Methode	120
3.4.1.1 Probanden	120
3.4.1.2 Material	121
3.4.1.3 Versuchsablauf	123
3.4.1.4 Auswertung	123
3.4.2 Ergebnisse	123
3.4.3 Diskussion	125
3.4.3.1 Einschätzung	126
4 Allgemeine Diskussion	129
4.1 Allgemeine Einschätzung	143
4.2 Ausblick	145
5 Literaturverzeichnis	147
6 Anhang	163
Danksagung	
Eidesstattliche Erklärung	
Lebenslauf	

1 Zusammenfassung

Obwohl in einer Vielzahl von Studien und mittels unterschiedlicher Herangehensweisen der Frage nach der Möglichkeit einer unaufmerksamen semantischen Wortverarbeitung nachgegangen wurde, wird diese Frage bislang als nicht endgültig geklärt betrachtet. Diese Einschätzung gründet sich auf der Kritik der uneinheitlichen Definition des Begriffs der „unaufmerksamen“ Reizverarbeitung und den differierenden Verwirklichungen dieser Bedingung in den unterschiedlichen experimentellen Paradigmen. Zur Lösung der aus dieser Uneinheitlichkeit resultierenden Interpretationsschwierigkeiten wurden in neuerer Zeit drei Kriterien für den Nachweis der tatsächlich unaufmerksamen Wortverarbeitung benannt. Diese betreffen (a) eine unvollständige Erkennung der Reize zu ihrem Darbietungszeitpunkt, (b) eine indirekte Evidenz für eine semantische Aktivierung und (c) eine qualitative Unterschiedlichkeit dieser semantischen Aktivierung im Vergleich zu einer durch aufmerksam verarbeitete Reize ausgelösten semantischen Aktivierung.

Die vorliegende Arbeit widmet sich mit dem Ziel der Erfüllung dieser Kriterien der Möglichkeit einer semantischen Wortverarbeitung unter der Abwesenheit der Aufmerksamkeit. Im Gegensatz zu den bislang hauptsächlich verwendeten selektiven Aufmerksamkeitsstudien oder Maskierungsstudien findet im Rahmen der vorliegenden Arbeit jedoch das Paradigma der schnellen Reizdarbietung Anwendung. Aufgrund der schnellen Darbietung und der damit einhergehenden zeitlichen Überforderung des informationsverarbeitenden Systems kommt es in diesem Paradigma zu einem Verlust der Berichtbarkeit einiger der dargebotenen Reize. Zur Erklärung dieses Verarbeitungsdefizits wurde in unterschiedlichen Modellen die mangelnde Verfügbarkeit der Aufmerksamkeit für die Verarbeitung der nicht berichtbaren Reize angeführt. Aus dieser Vorstellung ergab sich der Name des Verarbeitungsdefizits: *attentional blink*.

Anhand der Erhebung des physiologischen Maßes der ereigniskorrelierten Potentiale in den Experimenten 1 und 2 der vorliegenden Arbeit können die bislang nur theoretisch angenommenen Verarbeitungsunterschiede zwischen den berichtbaren und den nicht berichtbaren Reizen bereits *zum Zeitpunkt ihrer Verarbeitung* während der schnellen Reizdarbietung nachgewiesen werden. In den Versuchsanordnungen der Experimente 1 und 3 wurde eine semantische Bahnungsprozedur in die schnelle Reizdarbietungsabfolge integriert. Obwohl die Probanden die von dem *attentional blink* betroffenen Worte nicht berichten konnten, stellte sich sowohl auf der Ebene der ereigniskorrelierten Potentiale (Experiment 1) als auch auf der Ebene der Verhaltensdaten (Experiment 3) ein *indirekter Nachweis der semantischen Verarbeitung* dieser Worte in Form der semantischen Bahnung nachfolgender Worte heraus. Bei der Betrachtung des Zeitverlaufs der semantischen Bahnung (Experiment 3) läßt sich weiterhin ein starker Hinweis auf eine *qualitativ unterschiedliche Verarbeitung* der berichtbaren versus nicht berichtbaren Worte ausmachen: Während es im Fall berichtbarer Worte zu einer zeitunabhängigen Bahnung nachfolgender Worte kommt, scheint sich die durch nicht berichtbare Worte verursachte, kurzfristige

wirksame Bahnung semantisch assoziierter Worte bei längerem Zeitabstand zwischen den betreffenden Worten in einen inhibitorischen Effekt umzukehren. Obwohl aufgrund der Ergebnisse des vierten Experiments Fragen bezüglich der Modellbildung des *attentional blink* offen bleiben müssen, rechtfertigen sie die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der ersten drei Experimente.

In ihrer Gesamtheit können die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Studien somit unter der Erfüllung der geforderten Kriterien den Nachweis einer unaufmerksamen semantischen Wortverarbeitung erbringen.

2 Einleitung

Zur Einschätzung der Rolle der Aufmerksamkeit in der Informationsverarbeitung wurde in vielfältigen Studien der Frage nachgegangen, ob Reize, die keine oder lediglich eine unvollständige Aufmerksamkeitszuwendung erfahren, verarbeitet werden und welche Verarbeitungsschritte unter diesen Umständen durchlaufen werden können.

Die Betrachtung der Literatur bezüglich dieser Frage ergibt ein äußerst uneinheitliches Bild. Während einige Autoren die aufmerksamkeitsunabhängige Verarbeitung elementarer Reizeigenschaften im Einklang mit der Merkmalsintegrationstheorie (*feature integration model*, Treisman & Gelade, 1980) belegen (z.B. Cropper & Derrington, 1996), werden jedoch auch gegenteiligen Befunden berichtet. So ist beispielsweise sogar die eigentlich als präattentiv erfaßbar einzustufende Verarbeitung der Orientierungsrichtung eines Reizes innerhalb einer visuellen Suchaufgabe beeinträchtigt, wenn gleichzeitig eine weitere Reizidentifikation geleistet werden soll (Joseph, Chun & Nakayama, 1997).

Eine Schlüsselstellung bezüglich der Verarbeitung nicht aufmerksam beachteter Reize kommt der Frage zu, ob Worte in Abwesenheit der Aufmerksamkeit semantisch verarbeitet werden können. Diese Frage geht zurück auf eine langanhaltende Debatte zwischen der Annahme früher Informationsverarbeitungsmodelle, die eine unaufmerksame semantische Verarbeitung ausschließen (*early selection model*, siehe Broadbent, 1958) und der alternativen Formulierung später Informationsverarbeitungsmodelle, die eine abgeschwächte semantische Verarbeitung (*attenuation model*, siehe Treisman, 1960) oder sogar eine vollständige semantische Verarbeitung zulassen (*late selection model*, siehe Deutsch & Deutsch, 1963).

Der Beantwortung der Frage wurde in den vergangenen 50 Jahren experimental-psychologischer Forschung zu einem Großteil anhand von Bahnungseffekten innerhalb selektiver Aufmerksamkeits- und Maskierungsstudien nachgegangen. In Kapitel 2.1 wird eine Übersicht über diese Ergebnisse gegeben und auch auf die der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Mechanismen eingegangen.

Da an den genannten Untersuchungsansätzen in vielfältiger Weise Kritik geübt wurde, bietet sich eine Einschätzung der semantischen Analyse von Worten mittels des alternativen Paradigmas der schnellen Reizdarbietung (*rapid serial visual presentation task*) an. Werden Reize in einer derartigen Aufgabe sehr schnell (Präsentationsrate 10 -16 Hz) dargeboten, so kann es zu einem Verlust der bewußten Wahrnehmung einiger dieser Reize kommen (Broadbent & Broadbent, 1987). Dieses Verarbeitungsdefizit des informationsverarbeitenden kognitiven Systems wird auf eine Überforderung der zeitlichen Eigenschaften der Aufmerksamkeit zurückgeführt und aus diesem Grund als *attentional blink* bezeichnet.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Frage einer unaufmerksamen Erfassung der Bedeutung von Worten, die im *attentional blink* verlorenen gegangen sind. In Kapitel 2.3

werden die experimentellen Befunde zur Untersuchung des *attentional blink* dargelegt und die unterschiedlichen Modelle zur Erklärung des *attentional blink* vorgestellt.

2.1 Semantische Bahnung

In ihrer vielbeachteten Studie untersuchten Meyer und Schvaneveldt (1971) den Einfluß der Bedeutung visuell dargebotener Worte auf die Geschwindigkeit einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe. Ihre Probanden füllten per Tastendruck eine Entscheidung darüber, ob es sich bei zwei simultan dargebotenen Buchstabenketten um Worte handelte oder nicht. Es stellte sich heraus, daß es im Fall der Darbietung zweier semantisch assoziierter Worte (z.B. *Brot* und *Butter*) zu einer Reaktionszeitverkürzung im Vergleich zu der Darbietung semantisch nicht assoziierter Wortpaare (z.B. *Arzt* und *Butter*) kam.

Weiterführende Untersuchungen bestätigten das Auftreten dieser "semantischen Bahnung" auch bei der sukzessiven Präsentation von Worten. Es zeigte sich ebenfalls eine Reaktionszeitverkürzung der lexikalischen Entscheidung auf ein zweites Wort (Probe), wenn diesem ein semantisch assoziiertes, erstes Wort (Prime) voranging (Meyer, Schvaneveldt & Ruddy, 1975; Neely, 1976). In den nachfolgenden dreißig Jahren der Forschung stellte sich zudem heraus, daß es sich bei der semantischen Bahnung offensichtlich um einen sehr robusten Effekt handelt, der in verschiedensten experimentellen Anordnungen auftritt. So läßt sich eine semantische Bahnung nicht nur in der beschriebenen lexikalischen Entscheidungsaufgabe, sondern auch in Worterkennungsaufgaben (Schvaneveldt & McDonald, 1981) und in Wortbenennungsaufgaben (Meyer et al., 1975; Becker & Killian, 1977; Seidenberg, Waters, Sanders & Langer, 1984) nachweisen.

2.1.1 Der semantischen Bahnung theoretisch zugrundeliegende Mechanismen

Obwohl Unklarheit über den tatsächlichen Beitrag aller dieser Prozesse an dem Zustandekommen der semantischen Bahnung besteht, wurden aufgrund verschiedenster experimenteller Ergebnisse nach Neely (1991; siehe auch Balota, 1994) bislang mindestens drei unterscheidbare, theoretische Mechanismen angenommen. Diese werden nachfolgend dargestellt.

2.1.1.1 Automatische Aktivierungsausbreitung

Bereits Meyer und Schvaneveldt (1971) beschrieben eine erste Vorstellung über einen möglichen, der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Mechanismus.

Die Autoren vermuten, daß eine Erklärung ihres Ergebnismusters in einem von einigen Autoren (siehe hierzu Collins & Quillian, 1969, später auch Collins & Loftus, 1975) postulierten, semantisch organisierten Langzeitgedächtnis liegen könnte, in dem die Repräsentationen zweier assoziierter Worte sich an strukturell näheren Orten befinden als

diejenigen zweier semantisch nicht assoziierter Worte. Mit den zusätzlichen Annahmen, daß für die lexikalische Entscheidung ein Zugriff auf die beiden Wortrepräsentationen erfolgen muß und daß die Zeit bis zu der Verfügbarkeit einer Wortrepräsentation eine Funktion des strukturellen Abstandes zwischen den Repräsentationen darstellt, ergeben sich aus einer derartigen Gedächtnisstruktur die schnelleren Reaktionszeiten von semantisch assoziierten versus semantisch nicht assoziierten Wortpaaren. In Anlehnung an den von Collins und Quilian (1969) vorgeschlagenen Mechanismus des Gedächtnisabrufs beschreiben Meyer und Schvaneveldt (1971) einen möglichen, "passiven" Einfluß des Gedächtnisabrufs einer Wortrepräsentation auf eine nahe liegende weitere Wortrepräsentation mit dem physiologischen Begriff der "Erregungsausbreitung".

Unter starker Bezugnahme auf die oben dargestellte Vorstellung wurde dieser Begriff jedoch nach einiger Zeit durch den Ausdruck der "automatischen Aktivierungsausbreitung" (*automatic spreading activation*, Anderson, 1983a) verdrängt. Nach dieser Vorstellung wird das semantische Gedächtnis als Netzwerk von miteinander verbundenen, lokalisierten Knoten verstanden, die jeweils ein semantisches Konzept repräsentieren. Es wird angenommen, daß semantisch in Beziehung stehende Knotenpunkte sich näher beieinander befinden oder eine stärkere Verbindung zueinander aufweisen als semantisch nicht assoziierte Knotenpunkte. Wird nun ein Konzeptknoten durch die Darbietung eines Wortes aktiviert, dann breitet sich diese Aktivierung entlang der Verbindungen zu benachbarten Konzeptknoten aus. Aufgrund der größeren Nähe (oder der stärker ausgeprägten Verbindungen) und der damit verbundenen wahrscheinlicheren Voraktivierung semantisch assoziierter Konzeptknoten erreicht ein nachfolgend dargebotenes, semantisch assoziiertes Wort schneller seine Wahrnehmungsschwelle als ein nicht voraktiviertes, semantisch unassoziertes Wort. Aus diesen Gegebenheiten resultieren nun die schnelleren Reaktionszeiten für die lexikalische Entscheidung, ob es sich bei dem Wort *Butter* um ein Wort oder um ein Nichtwort handelt, wenn diesem das Wort *Brot* voranging im Gegensatz zu dem Fall, wenn ihm das Wort *Arzt* voranging.

Als hervorzuhebende Eigenschaft dieser Aktivierungsausbreitung im semantischen Netzwerk ist ihr automatischer Charakter zu nennen. Die Automatisität in diesem Zusammenhang wird von Posner und Snyder (1975b, S.56) folgendermaßen gekennzeichnet: „*We propose three operational indicants of whether a process is „automatic“, as we will use the term: the process occurs without intention, without giving rise to any conscious awareness, and without producing interference with other ongoing mental activity*“.

Unter Bezugnahme auf diese Definition wird die automatische Aktivierungsausbreitung als (a) ein schnell wirkender und kurz anhaltender und (b) als ein von der Absicht und der bewußten Verarbeitung unabhängiger Prozeß beschrieben. Als weitere Eigenschaften der automatischen Aktivierungsausbreitung wird die bereits dargestellte (c) bahnende Wirkung auf semantisch assoziierte Worte genannt. Ein (d) inhibitorischer Einfluß der automatischen Aktivierungsausbreitung auf semantisch nicht assoziierte Worte wird jedoch zunächst nicht angenommen (siehe Neely, 1991; Balota, 1994).

2.1.1.2 Erwartungsbasierte Prozesse

Zusätzlich zu der automatischen Aktivierung von Konzeptknoten aufgrund der Darbietung eines semantisch benachbarten Wortes wird auch die Möglichkeit einer Aktivierung von Konzeptknoten durch eine erwartungsbasierte, interne Aufmerksamkeitszuwendung angenommen (Posner & Snyder, 1975a, 1975b; Neely, 1977). Unter bestimmten Umständen kommt es demnach bei der Darbietung eines Wortes zu der Generierung einer Menge möglicher nachfolgender Worte, die entweder mit dem Primewort semantisch assoziiert sind oder aber aufgrund der Instruktion erwartet werden können. Wird nun ein nachfolgendes Wort dargeboten, das Bestandteil der generierten Wortmenge ist, kommt es aufgrund der Voraktivierung zu einer erleichterten Verarbeitung des betreffenden Wortes. Wird im Gegensatz hierzu ein sich nicht in der generierten Wortmenge befindendes Probewort dargeboten, so muß die Aufmerksamkeit zunächst von dieser Wortmenge abgewandt werden. Aus diesem Mechanismus nun können Interferenzeffekte, also verlangsamte Reaktionen auf nicht erwartete Probeworte resultieren.

Genauere Vorstellungen über den Such- und Vergleichsmechanismus solcher erwartungsbasierter Prozesse äußert Becker (1980). Der Autor formuliert ein Verifikationsmodell (*verification model*) und nimmt eine serielle, aufmerksamkeitsgesteuerte Suche innerhalb der generierten Wortmenge an. Demnach findet ein Mustervergleich der erwartungsbedingt voraktivierten Wortknoten der generierten Wortmenge mit der im ikonischen Gedächtnis vorhandenen Repräsentation des dargebotenen Probewortes statt. Bei einer Übereinstimmung dieser beiden Repräsentationen kommt es beispielsweise in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe zu der positiven Antwort. Der als Bahnung meßbare Vorteil besteht in der Eingrenzung der Suche innerhalb der Menge der generierten Worte. Wird kein Primewort (z.B. in einer „neutralen“ Bahnungsbedingung) dargeboten, so müssen alle Muster von Konzeptknoten des semantischen Gedächtnisses gleichermaßen als wahrscheinliche Probewortreize angesehen werden und es muß ein Durchsuchen des gesamten Netzwerkes aufgrund der Wortmerkmale erfolgen. Hieraus resultiert eine langsamere Verarbeitung in neutralen oder verletzten Erwartungsbedingungen. Es muß an dieser Stelle jedoch festgehalten werden, daß der Verifikationsprozeß, also der Vergleich der in der erwarteten Menge befindlichen Worte mit dem dargebotenen Probewort, nach der Vorstellung des Autors anhand einfacher oder zusammengesetzter Buchstabenmerkmale stattfindet und nicht aufgrund semantischer Merkmale vorgenommen wird. Diese dienen in diesem Modell nach der Darbietung eines Primewortes lediglich zu der Generierung der Wortmenge möglicher Probeworte.

Im Gegensatz zu dem automatischen Prozeß der Aktivierungsausbreitung befindet sich der erwartungsbasierte Prozeß nach Posner und Snyder (1975b) (a) unter strategischer Kontrolle und kann nicht ohne die bewußte Absicht oder Aufmerksamkeitszuwendung stattfinden und ist (b) aufgrund der Tatsache, daß zunächst eine erwartete Wortmenge generiert werden muß, relativ langsam wirkend. Weiterhin wird angenommen, daß unabhängig von der semantischen Assoziation (c) die Verarbeitung erwarteter Worte gebahnt wird und (d) die Verarbeitung nicht erwarteter Worte gehemmt wird. Diesen Vorstellungen

zufolge ist es demnach möglich, mittels semantischer Reizmerkmale auch die im semantischen Netzwerk vorgegebenermaßen nicht semantisch verknüpften Worte zu bahnen.

2.1.1.3 Postlexikalische Bahnungsprozesse

In den beiden vorangehend beschriebenen Mechanismen bildet sich der Einfluß der Verarbeitung des ersten dargebotenen Wortes (Prime) auf die Verarbeitung eines nachfolgend dargebotenen, zweiten Wortes (Probe) ab. Eine semantische Bahnung erfolgt in diesen Fällen durch eine aus der Verarbeitung des Primewortes resultierenden Voraktivierung der Repräsentation des Probewortes vor dessen eigentlicher Darbietung. Die von Neely (1991) im Gegensatz zu diesen „prälexikalischen“ als „postlexikalische“ Verarbeitungprozesse zusammengefaßten Mechanismen betonen nun den direkten Einfluß der Verarbeitung des Probewortes auf die semantische Bahnung. Die Bezeichnung „postlexikalisch“ verdeutlicht, daß im Gegensatz zu den oben beschriebenen Prozessen für die Wirkung dieser Mechanismen zunächst ein lexikalischer Zugriff auf die Repräsentation des Probewortes erfolgt sein mußte.

In die Klasse dieser postlexikalischen Bahnungsmechanismen fallen beispielsweise Integrationsprozesse des Probewortes in den durch das vorangehende Wort aufgebauten semantischen Kontext (semantisches Abgleichsmodell, *retrospective semantic matching model* siehe Neely & Keefe, 1989) oder der erleichterte Zugang zu dem semantischen Gedächtnis aufgrund der Verbindung zwischen den dargebotenen Prime- und Probeworten (Modell des verbindenden Merkmals, *compound cue model* siehe Ratcliff & McKoon, 1988). Nachfolgend werden diese beiden prominenten postlexikalischen Modelle kurz erläutert.

Die Vorstellung von Neely und Keefe (1989) nimmt an, daß die semantische Beziehung zwischen dem Prime- und dem Probewort für eine lexikalische Entscheidungsaufgabe genutzt werden kann. Demnach wird geprüft, ob eine semantische Verbindung zwischen dem Probe und dem vorangehend dargebotenen Prime vorhanden ist. Wenn diese Prüfung nun eine vorhandene semantische Assoziation zwischen Prime und Probe offenlegt, dann können die Probanden ihre „Wort“-Antwort beschleunigen. Im Unterschied hierzu werden die Probanden bei nicht vorhandener Assoziation veranlaßt, eher die „Nichtwort“-Antwort vorzubereiten. Nach dem Modell resultiert der semantische Bahnungseffekt nun aus dem Verarbeitungsnachteil für die unassoziierte Bahnungsbedingung: Die Aktivierung der aufgrund der nicht vorhandenen Assoziation vorbereiteten „Nichtwort“-Antwort muß zunächst überwunden werden und erst dann kann die nun verlangsamte „Wort“-Antwort stattfinden. Das vorgeschlagene semantische Abgleichsmodell kann nun nicht nur den oben beschriebenen positiven Bahnungseffekt erklären. Wie auch die erwartungsbasierten Mechanismen kann es zudem auch eine Vorstellung über das Zustandekommen inhibitorischer Bahnungseffekte bieten: Unter der Verwendung von neutralen Primereizen kommt es in dieser Bahnungsbedingung nicht zu dem in der unassoziierten Bedingung vorhandenen, hinderlichen Hinweis auf eine „Nichtwort“-Antwort und somit zu schnelleren Reaktionszeiten in der neutralen im Vergleich zu der unassoziierten Bahnungsbedingung.

Letztere Autoren (Ratcliff & McKoon, 1988) implementieren die semantische Bahnung in die Vorstellungen eines episodischen Gedächtnisses. Im Gegensatz zu der automatischen Aktivierungsausbreitung wird jedoch keine, durch ein Primewort verursachte, zeitlich begrenzte Aktivierung von Langzeitgedächtnisknoten angenommen. Vielmehr kommt es nach dem Modell des verbindenden Merkmals zu einem gemeinsamen Vergleich des Primes *und* des Probes und zu einer Einschätzung der Ähnlichkeit der zwischen den beiden Worten existierenden verknüpfenden Verbindung im Gedächtnis. Die Entstehung derartiger, verknüpfender Verbindungen nun wird durch das gemeinsame Vorhandensein der Worte im Kurzzeitspeicher verursacht, wobei die Stärke der Verknüpfung eine Funktion der gemeinsamen Zeit in dem Kurzzeitspeicher, des gemeinsamen Wiederholens (*rehearsal*) oder des gemeinsamen Kontextes ist. Die semantische Bahnung ist als Resultat des Vergleichs der Geläufigkeit oder Vertrautheit (*familiarity*) dieser gemeinsamen Verbindungen zu sehen: Nach der multiplikativen Abschätzung der Vertrautheit der Beziehung zwischen Prime und Probe aufgrund ihrer direkten und ihrer gemeinsamen Verbindung mit anderen Items kommt es zu einer schnelleren Reaktion bei einer hohen Vertrautheit der gemeinsamen Verbindung im Vergleich zu einer niedrigeren oder einer fehlenden Verbindung. Als Unterschied dieses Mechanismus` zu der automatischen Aktivierungsausbreitung ist hervorzuheben, daß die Verbindung zwischen Prime und Probe nach dem Modell des verbindenden Merkmals in beide Richtungen wirksam ist. Die Modellvorstellung bietet somit auch eine Erklärung für die anhand des semantischen Abgleichmodells interpretierbaren Datenmuster (für eine Beschreibung dieser und weiterer postlexikalischer Mechanismen sei auch auf Neely, 1991 und Balota, 1994 verwiesen).

Allgemein können die postlexikalischen Bahnungsprozesse als Mechanismen angesehen werden, die einen Bezug des bereits verarbeiteten Probewortes zu dem vorangegangenen semantischen Kontext herstellen. Diese Prozesse sind an eine kontrollierte Verarbeitung beider dargebotenen Worte gebunden und können demzufolge nur in experimentellen Situationen stattfinden, in denen die aufmerksame Verarbeitung der Worte möglich ist.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, näheren Aufschluß über die Möglichkeit und die Art einer automatischen semantischen Verarbeitung zu gewinnen. Es soll somit lediglich zwischen einer automatischen semantischen Verarbeitung, die ohne eine Aufmerksamkeitszuwendung erfolgen kann, und einer kontrollierten semantischen Verarbeitung, die an eine bewußte und aufmerksame Verarbeitung gebunden ist, differenziert werden. Es ist jedoch kein Anliegen der Arbeit, eine Abstufung der unterschiedlichen kontrollierten Prozesse, die der semantischen Bahnung zugrundeliegen, vorzunehmen. Aus diesem Grund wird weiterhin auch nicht mehr zwischen den beschriebenen erwartungsbasierten Prozessen und den verschiedenen postlexikalischen Integrationsmechanismen unterschieden, sondern diese werden im Gegensatz zu der automatischen Aktivierungsausbreitung als kontrollierte Mechanismen zusammengefaßt.

In einer Vielzahl unterschiedlichster Versuchsanordnungen wurde versucht, den verschiedenen Mechanismen der semantischen Bahnung auf den Grund zu gehen. Im Mittelpunkt der Diskussionen steht die Beurteilung eines möglichen Beitrags automatischer versus kontrollierter Bahnungsmechanismen an den beobachtbaren Ergebnissen. Während die nachfolgend berichteten Ergebnisse keinen Zweifel an dem Vorhandensein kontrollierter Bahnungsmechanismen lassen, steht im Rahmen der vorliegenden Arbeit insbesondere die Beurteilung der Frage im Vordergrund, ob die automatische Aktivierungsausbreitung ausreichend ist, um eine semantische Bahnung auszulösen. Im Zusammenhang mit dieser Frage gewinnt die Möglichkeit des durch experimentelle Manipulationen verursachten Ausbleibens der semantischen Bahnung eine herausragende Bedeutung. Unter der Annahme der Automatizität der semantischen Wortverarbeitung und der automatischen Aktivierungsausbreitung sollte dieses Ergebnis theoretisch nicht auftreten:

„If SA [semantic activation] is strongly automatic, SA from a foveally presented task-irrelevant word should occur full-blown even when attention should be fully allocated to other task-relevant events in the display; this should be so regardless of the type of processing (linguistic or otherwise) that must be performed on those task-relevant events“ (Neely & Kahan, 2001, S. 73).

In den nächsten Abschnitten werden die experimentellen Befunde, die als Beleg für das Vorhandensein dieser kontrollierten versus automatischen Mechanismen bedeutsam sind, vorgestellt.

2.1.2 Kontrollierte semantische Bahnungseffekte

Zunächst wird nun auf einige Studien eingegangen, die – oftmals aufgrund der Negierung eines automatischen Prozesses - einen Rückschluß auf kontrollierte Bahnungsmechanismen erlauben.

2.1.2.1 Erwartungs- und strategiebasierte Bahnung

In seiner bekannten Studie wies zunächst Neely (1977; siehe auch Favreau & Segalowitz, 1983) neben dem Auftreten schnell wirksamer, automatischer Bahnungsprozesse auch auf die Möglichkeit der intentionalen Steuerbarkeit der semantischen Bahnung hin. Neely bot den Probanden Kategorienamen als Primes dar und Beispiele dieser Kategorien als Probes. Auf diese sollten die Probanden eine lexikalische Entscheidungsaufgabe ausführen. Der Autor instruierte nun seine Probanden, nach der Darbietung eines der drei möglichen Kategorienamen (z.B. dem Wort *Vogel*), tatsächlich ein Beispiel dieser Kategorie zu erwarten (z.B. das Wort *Spatz*). Er teilte ihnen jedoch weiterhin mit, daß die Darbietung eines anderen Kategorienamens (z.B. des Wortes *Körperteil*) von einem Wortbeispiel aus einer anderen Kategorie (z.B. dem Wort *Tür* aus der dritten Kategorie der *Gebäudeteile*) gefolgt werden wird. Da die gegebene Instruktion mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die tatsächlichen Darbietungsgegebenheiten widerspiegelte, bot das Prime eine relativ valide Ankündigung und es kann eine Erwartungshaltung der Probanden

bezüglich der Art des Probes angenommen werden. Zusätzlich zu dieser Strukturierung des Versuchsmaterials manipulierte Neely den Zeitabstand zwischen der Darbietung des Primes und der Darbietung des Probes (SOA, *stimulus onset asynchrony*, kurz: 250 Millisekunden, lang: 700 Millisekunden; der Übersichtlichkeit halber wird hier lediglich auf zwei der verwirklichten SOA-Bedingungen eingegangen) und führte eine neutrale Bahnungsbedingung ein, in der die bedeutungslose Reihe mehrerer X als Prime dargeboten wurde. Die Ergebnisse der Studie zeigen eine Dissoziation der Bahnungseffekte in den beiden unterschiedlichen Zeitbedingungen. Unabhängig von der durch die Instruktion bedingten Erwartung der Probanden kam es bei einem kurzen Zeitabstand zwischen Prime und Probe zu einer Reaktionszeitverkürzung und somit zu einer Bahnung der mit dem Kategoriebegriff semantisch assoziierten Kategorieexemplare. Bei einem längeren zeitlichen Abstand zwischen dem Prime und dem Probe kam es zu einer - bei kurzem SOA nicht vorhandenen - Reaktionszeitverkürzung der erwarteten Kategorieexemplare, obwohl diese nicht semantisch assoziiert waren. Im Gegensatz hierzu wurde bei der Darbietung nicht erwarteter, jedoch semantisch assoziierter Kategorieexemplare im Vergleich mit der neutralen Bahnungsbedingung sogar eine Verlängerung der Reaktionszeiten gemessen (für ähnliche inhibitorische Bahnungseffekte siehe Lorch, Balota & Stamm, 1986).

Die Ergebnisse der Studie machen deutlich, daß die „semantischen Bahnung“ nicht durch einen einzigen zugrundeliegenden Mechanismus erklärt werden kann. Während die bahnenden Effekte der semantisch assoziierten Kategorieexemplare bei kurzen SOA auf einen schnell wirkenden, von der Erwartung der Probanden unbeeinflussten, automatischen Prozeß zurückgeführt werden, zeigt sich durch die Ergebnisse der längeren SOA der Einfluß erwartungsbasierter und kontrollierter Mechanismen.

Als weiterer Beleg für die Existenz erwartungsbasierter und strategischer Bahnungsmechanismen kann die Abhängigkeit des Auftretens und der Ausprägungsstärke der semantischen Bahnungseffekte von dem experimentellen Kontext angesehen werden.

So läßt sich in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe ein semantischer Bahnungseffekt für kurz dargebotene und dadurch schwer lesbare Primeworte nur in einer geblockten Darbietungsweise nachweisen. Werden jedoch in einer gemischten Versuchssituation einige der Primes länger dargeboten, so verschwindet der Bahnungseffekt der kurz dargebotenen Primes (Smith, Besner & Miyoshi, 1994; Stolz & Besner, 1997).

Weiterhin kann auch die Zusammensetzung des Reizmaterials einen Einfluß auf die Ausprägung der semantischen Bahnung haben: Bei gegebenem ausreichendem Zeitabstand zwischen Prime und Probe verstärken sich die semantischen Bahnungseffekte mit einem steigenden Anteil semantisch assoziierter Wortpaare im Experiment (*relatedness proportion effect*, siehe z.B. Tweedy, Lapinski & Schvaneveldt, 1977; de Groot, 1985; den Heyer, Briand & Dannebring, 1983; Seidenberg et al., 1984, jedoch auch Fischler, 1977 für gegenteilige Ergebnisse). Dieser Effekt wiederum kann sich selektiv lediglich auf in der Sprache hochfrequent verwendete Worte auswirken (Neely, Keefe & Ross, 1989). Zusätzlich zeigt

sich eine positive Abhängigkeit der semantischen Bahnungseffekte von einem steigenden Anteil von Nichtworten als Probes (*nonword ratio effect*, Neely et al., 1989).

Da die Probanden in den oben aufgelisteten, unterschiedlichen experimentellen Situationen offensichtlich in der Lage waren, ihre Reaktionsweise strategisch zu steuern und diese den Erwartungen an die Zusammensetzung des Reizmaterials anzupassen, werden derartige Ergebnisse im allgemeinen als Belege für kontrollierte Bahnungsmechanismen angesehen. Es könnte beispielsweise der *relatedness proportion effect* durch eine Generierung unterschiedlich großer Erwartungswortmengen oder durch eine Veränderung der Zusammensetzung des Wortmaterials eben dieser erwarteten Wortmengen erklärt werden (siehe z.B. Becker, 1980). Der *nonword ratio effect* könnte dementsprechend einer, mit einer Erhöhung der Nichtworte einhergehenden, verstärkten Voraktivierung der "Nichtwort"-Antwort und der damit verbundenen, stärkeren „Hemmung“ der „Wort“-Antwort in der unassozierten Bahnungsbedingung zuzuschreiben sein (Neely, 1991; Neely et al., 1989).

2.1.2.2 Rückwärts-Bahnung, vermittelte Bahnung und der Zwischenwort-Effekt

Als ein starker Hinweis für den Beitrag kontrollierter Prozesse und als ein eindeutiger Beleg für den Einfluß der Verarbeitung des Probes an der semantischen Bahnung wird der Effekt der Rückwärtsbahnung (*backward priming*, Koriat, 1981; Seidenberg et al., 1984; Peterson & Simpson, 1989) angesehen. Unter der Rückwärtsbahnung wird der einseitige und rückwärtige, bahnende Einfluß des Probes in asymmetrisch assoziierten Prime-Probe Wortpaaren (z.B. besteht von dem Wort *Kind* keine semantische Assoziation zu dem Wort *Glocke*, jedoch umgekehrt – aufgrund deutschen Dichtergutes - von *Glocke* zu *Kind*) angesehen. Die plausibelste Erklärung dieses Effektes ist nach Einschätzung der Autoren darin zu suchen, daß es den Probanden bei gegebener postlexikalischen Verarbeitung des Probes möglich ist, diese, erst nach der lexikalischen Analyse erkennbare Assoziation zwischen Probe und vorangehendem Prime für ihre Entscheidung zu nutzen.

Während zwar einige Autoren das Auftreten der vermittelten Bahnung (*mediated priming*), bei der eine semantische Beziehung zweier unassoziierter Worte lediglich durch ein drittes, vermittelndes Wort gegeben ist (z.B. Bahnung des Wortes *Löwe* vom Wort *Streifen* vermittelt durch das Wort *Tiger*), allein automatischen Bahnungsmechanismen zuschreiben (Balota & Lorch, 1986; Shelton & Martin, 1992; McNamara, 1992), wird dieser Effekt von anderen Autoren alternativ durch die Beteiligung kontrollierter Bahnungsmechanismen erklärt (Ratcliff & McKoon, 1988; Doshier & Rosedale, 1989; McKoon & Ratcliff, 1992). Letztgenannte Autoren sehen sich unter anderem durch das Ergebnis bestätigt, daß eine derartige Bahnung auch bei Wortpaaren, die nach den Ergebnissen von Freien-Assoziations-Studien keine vermittelnden, hoch wahrscheinlich assoziierten Worte beinhalten, beobachtet werden kann. Ihrer Einschätzung nach kann bei der Verwendung dieses nicht assoziierten Wortmaterials nicht mehr von einer „Weiterleitung“ der Aktivierung über die betreffenden vermittelnden Wortkonzeptknoten ausgegangen werden. Demzufolge kommen als Erklärung der vermittelten Bahnung lediglich kontrollierte Bahnungsmechanismen in Betracht.

Die kontroverse Debatte bezüglich der verursachenden Mechanismen der vermittelten Bahnung leitet über zu einem weiteren, in semantischen Bahnungsparadigmen auftretenden Effekt. In einigen Studien wurde der Frage nach dem Einfluß eines oder mehrerer, zwischen Prime und Probe dargebotener, zu diesen unassoziierten Worten (z.B. *Brot - Arzt - Butter*) auf die semantische Bahnung nachgegangen. Theoretischen Überlegungen zufolge sollte eine lediglich auf der automatischen Aktivierung von Gedächtnisknoten basierende, automatische Bahnung bei hinreichend kurzem Zeitabstand der Darbietung von Prime und Probe keine Beeinträchtigung durch die Darbietung eines weiteren Wortes erfahren¹.

Im Gegensatz hierzu ist bei einer angenommenen Beteiligung kontrollierter Bahnungsmechanismen mit einer Beeinflussung der semantischen Bahnung durch ein Zwischenwort zu rechnen. Die Einflußnahme könnte beispielsweise auf einer Umorientierung der Erwartung oder einer verminderten, verbindenden Ähnlichkeit zwischen Prime und Probe durch die Verdrängung des Primes aus dem Kurzzeitgedächtnis basieren. Die Ergebnisse dieser Studien sind zwar nicht eindeutig und hängen stark von dem experimentellen Kontext und den SOA zwischen den Worten (siehe Lavigne-Tombs & Vitu, 1997) ab, nichtsdestotrotz verweisen sie auf die Möglichkeit einer Zerstörung der semantischen Bahnung durch ein zwischen Prime und Probe dargebotenes Wort (Ratcliff & McKoon, 1981; Dannebring & Briand, 1982; Foss, 1982; Masson, 1991; Masson, 1995; Deacon, Hewitt & Tamny, 1998; siehe jedoch auch Davelaar & Coltheart, 1975; Joordens & Besner, 1992; Joordens & Becker, 1997, für gegenteilige Befunde). Besondere Bedeutung erlangt das Ergebnis durch die Tatsache, daß diese Aufhebung der semantischen Bahnung nur durch semantisch bedeutsame Zwischenworte stattfinden kann. Ein semantisch unbedeutender Zwischenreiz wie beispielsweise eine in den Kontrollbedingungen dargebotene Reihe von X (Masson, 1995) unterbricht die semantische Bahnung zwischen dem Prime und dem Probe nicht. Die Auslöschung der semantischen Bahnung in der Experimentalbedingung ist offensichtlich an den semantischen Gehalt des Zwischenreizes gebunden. Sie kann aufgrund der Ergebnisse der Kontrollbedingungen nicht auf das einfache Abklingen der automatischen Aktivierung zurückgeführt werden und scheint demnach eher die Beeinträchtigung der normalerweise wirkenden, kontrollierten Bahnungsmechanismen abzubilden.

¹ Diese Überlegung ist unter der Voraussetzung einer unbeschränkt verfügbaren Verarbeitungskapazität einsichtig, könnte jedoch unter der Annahme lediglich beschränkter Verarbeitungsressourcen (siehe Anderson, 1983b, S. 104, „*The number of assertions that can be held active should be limited by the capacity to maintain information in an active state. One effect of maintaining more assertions would be to decrease the amount of activation being expended by P5* [erklärende Anmerkung: unter P5 ist eine Produktionsregel in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe zu verstehen] *to test any one anticipated word because activation from the stimulus has to be divided among all the words.*“) kritisiert werden (siehe auch Anderson & Bower, 1973).

2.1.2.3 Prime-Aufgaben-Effekt

Obwohl es sich bei der semantischen Bahnung um einen relativ robusten Effekt handelt, wird anhand der zum Teil widersprüchlichen Befunde der oben angeführten Studien deutlich, daß - ebenso wie viele weitere Phänomene - die Ausprägung der semantischen Bahnungseffekte stark durch den in den Experimenten hergestellten Verarbeitungskontext beeinflusst wird. So wird auch die bloße Möglichkeit des Verschwindens der semantischen Bahnung als Beleg für den nicht-automatischen Charakter des ihr zugrundeliegenden Prozesses angesehen und stützt in der Folge die Annahme, diese spiegele ausschließlich kontrollierte Prozesse wider. Nachfolgend wird auf eine wesentliche experimentelle Herangehensweise zur Überprüfung der für die semantische Bahnung notwendigen Mechanismen ausführlicher eingegangen.

Diese Herangehensweise beinhaltet eine direkte Manipulation der auf die Darbietung der Worte auszuführenden Aufgabe. Hiermit ist die Absicht verbunden, eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf unterschiedliche Verarbeitungsstufen zu veranlassen. Dem Verarbeitungsebenenansatz (*level of processing theory*, Craik & Lockhart, 1972; Craik & Tulving, 1975) zufolge führt eine "tiefe" semantische Analyse zum Zeitpunkt der Enkodierung eines Reizes im Vergleich zu einer "oberflächlicheren" Analyse z.B. physikalischer Reizeigenschaften zu einer gefestigten Gedächtnisspur und damit zu einem verbesserten Gedächtnisabruf dieser Reize. Unter diesen Annahmen ist davon auszugehen, daß es bei eben einer derartigen Manipulation auch zu unterscheidbaren Bahnungseffekten kommen sollte, wenn unterschiedliche Mechanismen an der semantischen Bahnung beteiligt sind. Hinweise auf die Richtigkeit dieser Annahme liefern die Ergebnisse der Studien von Besson, Fischler, Boaz und Raney (1992), Smith, Theodor und Franklin (1983) und Joordens und Becker (1997). Die Autoren stellen einerseits einen mit einer tieferen Analyse der Primes einhergehenden, sich verstärkenden Bahnungseffekt, andererseits eine länger anhaltende semantische Bahnung bei verstärkter semantischer Analyse fest.

In der oben genannten Interpretation hätte die Manipulation der Verarbeitungstiefe möglicherweise einen Einfluß auf die kontrollierten Bahnungsmechanismen, ließe jedoch die automatische Aktivierungsausbreitung unbeeinflusst. Diese würde sich dann unverändert in der geringen semantischen Bahnung ausprägen, während die für die größeren Bahnungseffekte erforderlichen kontrollierten Mechanismen von der experimentellen Manipulation beeinflusst wurden. Diese Ergebnisse sprechen für den Beitrag kontrollierter Mechanismen an der semantischen Bahnung, schließen jedoch die automatische Aktivierungsausbreitung nicht aus. Kritischer für die automatische Aktivierungsausbreitung als Ursache der semantischen Bahnung ist demnach das völlige Ausbleiben der semantischen Bahnung unter einer derartigen experimentellen Manipulation.

Interessante und zunächst eindeutig erscheinende Ergebnisse erzielte mit diesem Verarbeitungsebenenansatz auch Smith (1979). Die Autorin ließ ihre Probanden eine physikalische Buchstabensuchaufgabe ausführen. Zu diesem Zweck präsentierte sie in einem ersten Experiment zunächst oberhalb des Probes eine aus gleichen Buchstaben bestehende Buchstabenreihe und forderte eine Reaktion bezüglich der Frage, ob sich der

betreffende Buchstabe ebenfalls in dem Wort befindet. Die Ergebnisse zeigten eine durch semantisch assoziierte Primes verursachte Beschleunigung der auf die Probes auszuführenden Buchstabensuchaufgabe. In einem zweiten Experiment forderte die Autorin nun sowohl auf das Probe als auch auf das vorangehende Prime eine Buchstabenentscheidung. In diesem Fall war keine semantische Bahnung mehr meßbar (Prime-Aufgaben-Effekt, *prime task effect*). Die Ergebnisse der Studie werden dahingehend interpretiert, daß die Aufmerksamkeit durch die Buchstabensuchaufgabe für das Prime auf die Einzelbuchstabenebene gelenkt wurde und keine Verarbeitung des Wortes als Ganzes stattfand, wodurch keine lexikalische Aktivierung des Primes erfolgte. In einer Reihe weiterer Studien wird nun die Reliabilität des Prime-Aufgaben-Effektes bestätigt: Es zeigte sich, daß der Effekt nicht nur bei der berichteten, doppelten Buchstabensuchaufgabe für die Primes und die Probes auftritt, sondern auch, wenn für die Probeworte eine lexikalische Entscheidungsaufgabe oder eine Wortbenennungsaufgabe gefordert wird (Henik, Friedrich & Kellogg, 1983; Henik, Friedrich, Tzelgov & Tramer, 1994; für eine Übersicht siehe Maxfield, 1997).

Der zunächst formulierten und oben genannten Interpretation des Prime-Aufgaben-Effektes stehen jedoch nun weitere Ergebnisse und der Nachweis der tatsächlichen lexikalischen Aktivierung von Worten in derartigen Buchstabensuchaufgabe entgegen. Eine Aktivierung der lexikalischen Wortrepräsentation wird aufgrund der schnelleren Buchstabenentscheidung für Worte im Vergleich zu Nichtworten angenommen (Kreuger & Weiss, 1976; Besner, Smith & MacLeod, 1990). Zusätzlich kommt es bei einer Wiederholung der identischen Worte zu einer Wiederholungsbahnung (beispielsweise Friedrich, Henik & Tzelgov, 1991) und ebenso zu einer Bahnung morphologisch ähnlicher Worte (Stolz & Besner, 1998). Die Reinterpretation des Prime-Aufgaben-Effektes sieht nach diesen Ergebnissen nun eine Aktivierungsblockade zwischen der lexikalischen und der semantischen Wortrepräsentationsebene vor (Stolz & Besner, 1996; 1998; siehe auch Brown, Roberts & Besner, 2001).

Vor dem Hintergrund der Überlegung, daß eine automatische Aktivierungsausbreitung in jedem Fall - unabhängig von der geforderten Aufgabe - durch die Darbietung eines verfügbaren Wortes und dessen lexikalische Aktivierung ausgelöst werden müßte, sprechen die bislang genannten Ergebnisse des Prime-Aufgaben-Effektes gegen eine automatische Aktivierungsausbreitung durch sichtbare Worte. In der Fortführung dieser Argumentation müßte aufgrund dieser Ergebnisse auch die Möglichkeit der alleinigen Ursache der semantischen Bahnung durch die automatische Aktivierungsausbreitung in Frage gestellt werden.

Durch weitere Studien kann jedoch die zunächst einsichtige Interpretation des Prime-Aufgaben-Effektes in Zweifel gezogen werden und die oben geäußerten Schlußfolgerungen erscheinen nicht mehr allzu zwingend. Chiappe, Smith und Besner (1996) stellten fest, daß eine ebenfalls auf der relativ oberflächlichen Ebene der physikalischen Reizanalyse stattfindende Farbentscheidung für die Primebuchstaben im Gegensatz zu der Buchstabensuchaufgabe die semantische Bahnung nicht unterbindet. Auf der Grundlage

dieser Ergebnisse gewinnt nun die Möglichkeit, der Prime-Aufgaben-Effekt werde durch den speziellen Fall der Buchstabensuche verursacht, welche in besonderer Weise mit einer semantischen Wortanalyse interferieren könnte, an Bedeutung. Marí-Beffa, Houghton, Estévez und Fuentes (2000, siehe auch Marí-Beffa, Fuentes, Catena & Houghton, 2000) können tatsächlich Hinweise auf eine diesbezügliche Vermutung liefern. Die Autoren boten den zu suchenden Buchstaben bereits vor dem Primedisplay dar und konnten so die Art des zu durchsuchenden Reizes im Primedisplay manipulieren. Dieses bestand aus der gleichzeitigen Darbietung eines Wortes und einer Zeichenkette, in der sich ebenfalls ein Buchstabe befand. Die Probanden sollten nun in einer Bedingung das Wort, in einer anderen die Zeichenkette ignorieren, da der Buchstabe jeweils in dem anderen Reiz zu suchen war. Als wichtigstes Ergebnis der Experimente ist nun der Unterschied der semantischen Bahnung des Wortes des Primedisplays auf eine lexikalische Entscheidungsaufgabe eines nachfolgenden Probewortes zu vermerken: Sollte der Buchstabe in dem Wort gesucht werden, kam es zu dem üblichen Prime-Aufgaben-Effekt, d.h. es fand keine semantische Bahnung statt. War der Buchstabe jedoch in der Zeichenkette zu suchen, kam es zu einem umgekehrten semantischen Bahnungseffekt, also zu einer schnelleren lexikalischen Entscheidung für nicht semantisch assoziierte Probes. In der Interpretation ihrer Ergebnisse argumentieren die Autoren, daß eine Buchstabensuchaufgabe die Aktivierung eines Wortes nicht verhindert. Die Entstehung des Prime-Aufgaben-Effektes sehen die Autoren nun vielmehr als Netto-Nulleffekt an, der durch eine mögliche Überlagerung der vorhandenen Aktivierung der Wortbedeutung und der Aktivierungsausbreitung und durch interferierende und inhibitorische Effekte zustande kommen könnte.

Sollte die Argumentationsrichtung der Autoren mittels weiterer experimenteller Befunde Bestätigung finden, müßte die vorangehend dargestellte Interpretation des Prime-Aufgaben-Effektes revidiert werden. Unter der Annahme, diese inhibitorischen semantischen Bahnungseffekte und weitere, möglicherweise ebenfalls vorhandene positive Bahnungseffekte könnten sich addieren, wäre nun die Existenz des Prime-Aufgaben-Effektes nicht mehr uneingeschränkt als Beleg dafür anzusehen, daß keine automatische semantische Analyse eines verfügbaren Wortes stattfindet. In der weiteren Überlegung müßte dann auch die aufgrund des Prime-Aufgaben-Effektes als notwendig betrachtete Beteiligung kontrollierter Mechanismen an der semantischen Bahnung kritisch überprüft werden.

Mittels der Erfassung elektrophysiologischer Indikatoren der semantischen Wortanalyse gelang es in einer neueren Studie nun tatsächlich, trotz der auszuführenden Buchstabensuchaufgabe eine automatische Aktivierungsausbreitung eines Primewortes nachzuweisen (Sauk, 2002; siehe auch Heil, Rolke & Sauk, 2002). Diese Ergebnisse schwächen wiederum die oben dargelegten Überlegungen zur Entstehung des Prime-Aufgaben-Effektes ab und bieten einen starken Hinweis auf die Möglichkeit der automatischen Aktivierungsausbreitung auch in diesem Paradigma. Auf die genannten Ergebnisse wird in Kapitel 2.2.2 und ebenfalls im Rahmen der Diskussion nochmals ausführlicher eingegangen.

Obwohl die Befundlage nicht als einheitlich einzuschätzen ist und es durchaus - wie im letzten Abschnitt dargelegt - zu alternativen Interpretationen der Ergebnisse kommen kann, verdeutlichen die oben dargelegten Studien die mögliche Wirkung unterschiedlicher kontrollierter Mechanismen an der semantischen Bahnung. Nachfolgend soll nun auf experimentelle Befunde, die einer automatischen semantischen Verarbeitung zugeschrieben werden, eingegangen werden.

2.1.3 Automatische semantische Bahnungseffekte

Bereits die oben beschriebene Studie von Neely (1977) deutet auf den Beitrag unterschiedlicher Mechanismen an der semantischen Bahnung hin. Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeit der Dissoziierbarkeit dieser unterscheidbaren Bahnungsmechanismen aufgrund ihrer zeitlichen Eigenschaften auf. So kam es unabhängig von der Erwartung der Probanden bei einem kurzen Zeitabstand (250 Millisekunden) zwischen dem Kategoriewort als Prime und einem Kategoriebeispiel als Probe zu einer Bahnung semantisch assoziierter Probes. Im Gegensatz hierzu machte sich bei einem längeren Zeitabstand der oben beschriebene Einfluß der Erwartung der Probanden bemerkbar. Da die schnellen Bahnungseffekte offensichtlich unabhängig von den durch die Instruktion vorgegebenen Intentionen der Probanden waren, vermutete Neely (1977), daß es sich bei diesen um schnelle, automatische Aktivierungsausbreitungsprozesse handelt.

Während Neely (1977) die theoretischen Überlegungen seiner Zeit durch seine Ergebnisse bestätigt sah, wurde in einer Reihe weiterer Studien versucht, den Beitrag automatischer Mechanismen an der semantischen Bahnung direkt zu untersuchen. Ein offensichtlicher Nachweis automatischer Bahnungsprozesse kann erfolgen, wenn alle möglichen, kontrollierten Bahnungsprozesse durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen werden und es dennoch zu einer semantischen Bahnung kommt. Eine Möglichkeit, kontrollierte Verarbeitungsmechanismen auszuschalten, wird in der Abwendung der Aufmerksamkeit von den betreffenden Reizen in selektiven Aufmerksamkeitsstudien gesehen. Als weitere Möglichkeit, ausschließlich automatische Verarbeitungsprozesse zuzulassen, wird die lediglich subliminale Darbietung von Reizen in Maskierungsstudien betrachtet. Beide Versuchsansätze dienen der Frage, ob es zu einer automatischen semantischen Analyse von Worten und damit verbunden auch zu einer automatischen Aktivierungsausbreitung kommen kann. Es ist jedoch festzuhalten, daß die kritische Manipulation zur Beurteilung einer möglichen automatischen Aktivierungsausbreitung innerhalb von Bahnungsparadigmen in einer Abwendung der Aufmerksamkeit von den bahnenden Reizen, also den Primes, zu sehen ist (unaufmerksame Verarbeitung des Primes, aufmerksame [oder auch unaufmerksame] Verarbeitung des Probes). Nur in einer derartigen Versuchssituation können eindeutige Rückschlüsse auf die vorhandenen semantischen Verarbeitungsmechanismen erfolgen: Bei einem geglückten Ausschluß der kontrollierten Mechanismen ist ein anhand der Verarbeitung der Probes meßbarer,

semantischer Bahnungseffekt in diesen Fällen nur auf die automatische Aktivierungsausbreitung zurückzuführen. Findet jedoch lediglich eine unaufmerksame Verarbeitung der Probes statt und die Verarbeitung der Primes erfolgt unter der Zuwendung der Aufmerksamkeit (aufmerksame Verarbeitung des Primes, unaufmerksame Verarbeitung des Probes), so kann eine eindeutige Aussage über den Beitrag der automatischen Aktivierungsausbreitung nicht erfolgen. Die durch eine mögliche Aktivierung der Wortrepräsentation der Probes hervorgerufenen Bahnungseffekte sind in diesem Fall als Folge der aufmerksamen Verarbeitung der Primes zu betrachten und spiegeln somit lediglich die durch die Primeverarbeitung bedingten, unterschiedlichen Aktivierungszustände der Repräsentationen der Probeworte wider. Diese jedoch können nach den in Kapitel 2.1.1 dargelegten, theoretischen Überlegungen bei gegebener aufmerksamer Primeverarbeitung sowohl durch automatische als auch durch kontrollierte Bahnungsmechanismen verursacht werden.

Ungeachtet verschiedenster Kritikpunkte bezüglich der Interpretierbarkeit der Ergebnisse bezüglich der Frage, ob die verwirklichten experimentellen Manipulationen zu einer tatsächlich als automatisch einzustufenden Verarbeitung führen, werden nachfolgend eine Reihe von Studien beider Versuchsansätze vorgestellt. Auf die genannten Interpretationsschwierigkeiten wird in Kapitel 2.1.4 ausführlich eingegangen.

2.1.3.1 *Selektive Aufmerksamkeitsstudien*

Eine herausragende Bedeutung in der Untersuchung der Frage nach einer unaufmerksamen semantischen Analyse verbalen Materials nehmen dichotische Höraufgaben (*dichotic listening*) ein. In derartigen Aufgaben werden den Probanden mittels Kopfhörer zwei akustische Botschaften auf das linke und das rechte Ohr dargeboten. Die Aufgabe der Probanden besteht gewöhnlicherweise darin, eine der Botschaften zu beachten und das verbale Material nachzusprechen (*shadowing*) und die andere, auf dem anderen Ohr dargebotene Botschaft zu ignorieren. Es zeigte sich in verschiedenen Studien ein Einfluß des im nicht aufmerksam beachteten Ohr dargebotenen, semantischen Materials auf die Reaktionen der Probanden. So stellte Treisman (1964) fest, daß die Probanden - unter bestimmten zeitlichen Bedingungen – in der Lage sind, die Gleichheit der beiden, auf den unterschiedlichen Ohren dargebotenen Botschaften zu bemerken. Es zeigte sich weiterhin, daß es, obwohl die Probanden keine Aussage über den semantischen Gehalt der nicht beachteten Botschaft treffen können, zu interferierenden Effekten (Lewis, 1970; Treisman, Squire & Green, 1974) oder auch zu einer Bahnung (Underwood, 1977) auf die Benennungslatenzen semantisch assoziierter Worte im beachteten Ohr kommen kann.

Aufgrund dieser Ergebnisse dichotischer Hörstudien wird eine semantische Analyse von nicht aufmerksam beachteten, akustisch dargebotenen Worten als wahrscheinlich erachtet. Ebenso finden sich Hinweise auf eine semantische Kategorisierung der im nicht beachteten Ohr dargebotenen Worte: So machte sich bei der nochmaligen Darbietung von nicht beachteten Worten nach der dichotischen Höraufgabe selektiv eine lange Latenz und eine hohe Fehleranzahl bei der Entscheidung, ob diese Worte im beachteten Ohr dargeboten

wurden, bemerkbar, wenn es sich bei den beiden Worten um gemeinsame Kategorieexemplare handelte (Smith & Groen, 1974). Ferner kam es bei der im unbeachteten Ohr stattfindenden Darbietung von Kategoriebeispielen derselben Kategorie wie der Worte, die zuvor mit einem Schock assoziiert worden waren, zu einer verstärkten autonomen Hautwiderstandsveränderung (Corteen & Wood, 1972).

Neben diesen akustischen, selektiven Aufmerksamkeitsstudien wurden zur Untersuchung einer automatischen semantischen Analyse von nicht beachteten Worten auch eine Vielzahl von visuellen selektiven Aufmerksamkeitsstudien durchgeführt.

Bereits die Ergebnisse von Stroop (1935) werden als Hinweis auf eine relativ automatische Verarbeitung des semantischen Gehaltes von visuell dargebotenen, unbeachteten Worten angesehen. In seiner mittlerweile in vielfältigen Studien nachgeahmten Versuchsanordnung (für eine Übersicht der Stroop-Studien siehe MacLeod, 1991) bat er die Probanden, die Farbe der einfarbigen, ein Farbwort bildenden Buchstaben zu benennen (beispielsweise die Nennung der Farbe *"grün"* für das in *grünen* Buchstaben geschriebene Wort *"blau"*). Im Vergleich zu der Benennung der Farbe farbiger Quadrate in einer Kontrollbedingung kam es bei der Farbbenennung der Buchstaben zu längeren Reaktionszeiten. In einem weiteren Experiment stellte Stroop (1935) fest, daß sich die Latenzen des Lesens von in farbigen Buchstaben geschriebenen Farbworten und die Latenzen des Lesens von in schwarzen Buchstaben geschriebenen Farbworten nicht unterscheiden. Als Erklärung dieses asymmetrischen Ergebnismusters bietet sich die automatische Aktivierung der Wortbedeutung und somit der Repräsentation eines Farbwortes an, welche dann mit derjenigen, durch die farbigen Buchstaben parallel aktivierten Farbwortrepräsentation auf einer angenommenen Verarbeitungsstufe interferiert. Auch wenn einigen Autoren diese Erklärung in Frage stellen (siehe z.B. Besner, Stolz & Boutilier, 1997) und es eine Reihe von Alternativerklärungen gibt (siehe MacLeod, 1991 oder Glaser & Glaser, 1993), können diese Ergebnisse zumindest als Hinweis auf eine automatische Bedeutungsanalyse von Worten angesehen werden.

Ebenfalls in diesem Zusammenhang sind Flankeraufgaben (nach Eriksen & Eriksen, 1974) und trotz widersprüchlicher Befunde auch Versuchsdesigns mit der Darbietung parafovealer Reize zu nennen. Während einige Autoren (Inhoff & Rayner, 1980; Inhoff, 1982) keinen Nachweis einer semantischen Analyse parafoveal dargebotener Worte erbringen können, verdichten andere Studien jedoch die Befundlage der automatischen semantischen Analyse von innerhalb der geforderten Aufgabe nicht zu beachtenden Worten.

So kann es, obwohl lediglich eine Reaktion bezüglich der Kategorie eines mittig dargebotenen Wortes verlangt wird, in Abhängigkeit der Kategoriezugehörigkeit von den das Zielwort umgebend dargebotenen Worten zu bahnenden oder hemmenden Einflüssen auf die Reaktionsgeschwindigkeiten kommen (Shaffer & LaBerge, 1979; Lambert, Beard & Thompson, 1988; Underwood, 1981). Auf den semantischen Charakter der Analyse kurz dargebotener, irrelevanter Worte deutet zudem deren Einfluß auf die Benennungslatenzen von Bildern in Abhängigkeit von der semantischen Beziehung zwischen den beiden Reizen

hin (Underwood, 1976). Im Zusammenhang mit diesen Ergebnissen ist auch der gewichtige Befund zu nennen, daß eben auch nicht von den Probanden berichtbare, peripher dargebotene Worte auf den Bericht der zu beachtenden, zweideutigen Worte einen richtungsweisenden Einfluß ausüben können (Bradshaw, 1974). Anhand von Verwechslungsfehlern zeigt sich weiterhin, daß es beim Lesen von Textpassagen zu einer Bedeutungsextraktion von unbeachtetem, zwischen den eigentlichen Zeilen geschriebenen Textmaterial kommen kann (Willows & MacKinnon, 1973).

Nachdem nun eine automatische semantische Analyse von Worte mittels derartiger Studien belegt zu sein schien, untersuchten nachfolgende Studien den weitergehenden Einfluß eines nicht beachteten oder sogar ignorierten Wortes auf die Verarbeitung eines nachfolgenden Reizes.

Hier stellte sich der bereits im Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Prime-Aufgaben-Effekt erwähnte, hemmende Einfluß eines zuvor ignorierten Wortes dar: Die Benennung von Probes, deren semantisch assoziierte Primes in der vorangehenden Darbietung ignoriert wurden, ist im Vergleich zu einer Kontrollbedingung, in der nicht semantisch assoziierte Primes ignoriert wurden, verzögert (*negative priming*, Tipper, 1985). Dieser semantische negative Bahnungseffekt ließ sich anhand von Wortpaaren (Yee, 1991; Fox, 1994; Ortells & Tudela, 1996) als auch anhand von Bild-Wortpaaren (Tipper & Driver, 1988; Damian, 2000) jedoch zum Teil lediglich in bestimmten Aufgabenstellungen bemerken. In einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe und unter der Verwendung semantisch assoziierter Prime-Probe-Paare stellten Fuentes und Tudela (1992) im Unterschied zu den bisher genannten Studien sogar einen bahnenden Einfluß ignorierte Primes fest. Eine Auflösung dieser widersprüchlichen Befunde läßt sich anhand der Studie von Ortells, Abad, Noguera und Lupiáñez (2001) vornehmen. Die Autoren manipulierten die SOA zwischen der Darbietung zu ignorierender Primes und der Darbietung nachfolgender Probes, auf die eine lexikalische Entscheidung ausgeführt werden sollte. Bei einer kurzen SOA (200 Millisekunden) stellte sich ein positiver Bahnungseffekt, bei einer längeren SOA (600 Millisekunden) ein negativer Bahnungseffekt semantisch assoziierter Primes heraus.

Es soll an dieser Stelle nicht weiter auf die verschiedensten theoretischen Hintergründe bezüglich der Entstehung des negativen Bahnungseffektes eingegangen werden (siehe hierfür z.B. Milliken, Joordens, Merikle & Seiffert, 1998; Milliken & Tipper, 1998). Es läßt sich jedoch festhalten, daß es offenbar zu einer semantischen Verarbeitung ignorierte oder unbeachtete Reize kommen kann und daß diese Verarbeitung die aufmerksame Verarbeitung eines nachfolgenden Zielreizes beeinflussen kann. Das Vorzeichen dieses Einflusses scheint nach den oben dargelegten Ergebnissen dabei stark von der SOA zwischen dem unbeachteten Prime und dem beachteten Probe abzuhängen.

Die selektiven Aufmerksamkeitsstudien zusammenfassend kann eine automatische semantische Analyse von innerhalb der Versuchsaufgabe nicht zu beachtenden Worten festgehalten werden. Diese semantische Analyse beschränkt sich dabei nicht nur auf eine

aktuelle Aktivierung, es läßt sich vielmehr auch ein Einwirken dieser semantischen Verarbeitung auf nachfolgende Worte nachweisen.

2.1.3.2 Maskierungsstudien

Als zweiter, gebräuchlicher Versuchsansatz, mit dem der Frage nach einer automatischen Analyse der semantischen Bedeutung von Reizen nachgegangen wurde, sind Maskierungsstudien zu nennen. In derartigen Studien wird der Versuch unternommen, kontrollierte Verarbeitungsmechanismen auszuschließen, indem die interessierenden Reize sehr kurz und gefolgt von einer Maskierung dargeboten werden. Es ist offensichtlich, daß eine Schwierigkeit dieser Untersuchungsmethode darin besteht, die geeignete Darbietungsdauer der Reize und den zeitlichen Abstand (SOA) des interessierenden Reizes zu dem nachfolgenden Maskierungsreiz zu bestimmen. Eine zu lange Darbietungsdauer würde eine bewußte Verarbeitung der Reize nicht verhindern, eine zu kurze Darbietungsdauer und eine zu starke Maskierung wiederum würde die geringste Reizverarbeitung unterbinden und somit auch automatische Verarbeitungsprozesse ausschließen (in Kapitel 2.1.4 wird nochmals ausführlich auf diese Problematik eingegangen).

In den meisten Maskierungsstudien werden zunächst die notwendigen Darbietungszeiten der Reize festgestellt. Hierzu wurde eine – nach dem Ermessen der Autoren festgelegte, oftmals jedoch eine fast-zufällige – Schwelle der Erkennung des Vorhandenseins eines Reizes, der Bestimmung von dessen physikalischen Reizeigenschaften oder der Analyse seiner semantischen Eigenschaften ermittelt. Infolge der auf diese Weise erhobenen Erkennungsschwellen wird nun auf den Ausschluß von bestimmten Verarbeitungsmechanismen rückgeschlossen. Da diese Erkennungsschwellen von den Reizverarbeitungsgeschwindigkeiten der Probanden abhängen, werden in einem Großteil der Studien die zeitlichen Darbietungsparameter für jede einzelne Versuchsperson individuell ermittelt. Mittels der Untersuchung der *direkten* Berichtbarkeit bestimmter Reizeigenschaften des maskierten Reizes oder durch die *indirekte* Messung des Einflusses der nach den oben genannten Kriterien maskierten Reize auf einen weiteren Reiz beispielsweise in einem Bahnungsparadigma wird die trotz der Maskierung ermöglichte Verarbeitung der Reize beurteilt.

Die Maskierungsstudien, die sich mit der semantischen Analyse maskierter Reize befaßt haben, können einen bedeutenden Beitrag zu dem Verständnis der möglichen semantischen Bahnungsmechanismen liefern. Obwohl sie aus diesem Grund im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine wesentliche Rolle einnehmen, können sie hier nicht vollständig Erwähnung finden. So werden aus der Menge der vorhandenen Forschungsergebnisse lediglich einige wesentliche Studien herausgegriffen und exemplarisch dargestellt. Da das experimentelle Vorgehen in den unterschiedlichen Studien stark voneinander abweicht und diese unterschiedlichen experimentellen Vorgehensweisen eine Erklärung für stark differierende Ergebnisse bieten, wurde bei der nachfolgenden Darstellung einiger Maskierungsstudien ein besonderes Gewicht auf die Beschreibung der experimentellen Prozeduren gelegt.

Zunächst soll hier Allport (1977) erwähnt werden, der die Möglichkeit einer semantischen Verarbeitung maskierter Worte aufzeigte. In einem ersten Experiment bot der Autor verschiedenen Probandengruppen gleichzeitig vier Worten kurz dar. Das Zeitintervall (50 Millisekunden oder 70 Millisekunden) der Reizdarbietung bis zu der nachfolgenden Mustermaske wurde so gewählt, daß innerhalb der jeweiligen Probandengruppen durchschnittlich nur eines der vier Worte pro Trial berichtet werden konnte. Unter den vier Worten befand sich ein Tiername. Eine der Probandengruppen wurde über das Vorkommen der Tiernamen unterrichtet und sollte auch primär die erkannten Tiernamen berichten (selektive Bedingung). Die weitere Probandengruppe (nicht-selektive Bedingung) wurde lediglich instruiert, alle erkannten Worte anzugeben. Im Unterschied zu den Ergebnissen in der nicht-selektiven Bedingung gaben die Probanden unter der selektiven Bedingung mehr erkannte Tiere als Nicht-Tiere an. Dieses Ergebnis deutet der Autor als Hinweis auf die Möglichkeit der selektiven Auswahl von Worten einer bestimmten semantischen Kategorie (Tiere) unter starken Maskierungsbedingungen. In einem weiteren Experiment wies Allport (1977; Experiment 2) den Einfluß von semantisch assoziierten, maskierten Distraktorworten auf die Erkennung von gleichzeitig mit diesen dargeboteten Zielworten nach (Darbietungsdauer der Worte 20 Millisekunden). Dieses Ergebnis wurde erzielt, obwohl die Probanden angaben, die Distraktorworte nicht gesehen zu haben und sie überdies die Zielworte in lediglich der Hälfte der Fälle richtig angeben konnten.

In einer Serie von Experimenten untersuchte auch Marcel (1983) den Einfluß der visuellen Maskierung auf die Erkennungsleistung von Worten. Zunächst stellte er fest, daß mit zunehmender Reduktion der SOA zwischen einem zu beurteilenden Reiz und der nachfolgenden Mustermaske erst die Erkennungsleistung (*War da ein Reiz oder war da kein Reiz?*), dann die graphemische Entscheidung (*Welches der beiden Vergleichsworte war dem maskierten Wort graphemisch ähnlicher?*) und zuletzt die semantische Entscheidung (*Welches der beiden Vergleichsworte war dem maskierten Wort semantisch ähnlicher?*) Zufallsniveau erreicht. Dieses Ergebnis jedoch muß durch die Ergebnisse des zweiten Experiments kritisch betrachtet werden. Nach einer Umgestaltung der Reize, die nun sowohl graphemische als auch semantische Beziehungen zu dem vorausgehenden, maskierten Wort besitzen konnten, kam es für Worte, die unterhalb der Entdeckungsschwelle lagen, zu keinem Unterschied in der SOA-Funktion zwischen den graphemischen und den semantischen Entscheidungen. Die Ergebnisse dieser beiden Experimente heben den in Maskierungsstudien zu beachtenden Einfluß strategischer Verhaltensweisen der Probanden hervor (auf diesen Punkt wird unten nochmals eingegangen). In einem weiteren Experiment (Experiment 3, siehe auch Cheesman & Merikle, 1986), das sich an die Studie von Stroop (1935) anlehnt, zeigte sich, daß die Identifikation von Farbkleckschen durch maskierte vorangehende oder gleichzeitig dargebotene Farbworte im kongruenten Fall (Farbwort identisch mit der Farbe des Farbkleckses) beschleunigt werden kann während sie sich im inkongruenten Fall (Farbwort nicht identisch mit der Farbe des Farbkleckses) verlangsamen kann. Dieses Ergebnis allerdings konnte in einer vergleichbaren Studie von Cheesman und

Merikle (1984) und auch von Tzelgov, Porat und Henik (1997) nicht bestätigt werden. Die erstgenannten Autoren konnten keinen Bahnungseffekt bei der Darbietungsdauer der Primes an der Erkennungsschwelle messen. Sie stellten vielmehr einen korrelativen Zusammenhang zwischen der Größe des Bahnungseffektes und dem Anstieg der Entdeckungsleistung fest und meinen demzufolge keine Hinweise auf eine unbewußte Bedeutungswahrnehmung nachweisen zu können. Die letztgenannten Autoren konnten einen Bahnungseffekt ebenfalls lediglich für erkannte Worte bemerken.

Obwohl nun – zunächst einmal ungeachtet der den Ergebnissen widersprechenden Befunde Cheesman und Merikles (1984) - bereits die berichteten Ergebnisse des ersten und dritten Experiments Marcells (1983) auf eine „semantische“ Analyse nicht berichtbarer und nicht erkannter Worte deuten, gewinnen in dem Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit vornehmlich die weiteren beiden Experimente des Autors (Experiment 4 und 5) an Bedeutung. In diesen Experimenten forderte er von den Probanden eine lexikalische Entscheidungsaufgabe auf ein Probewort und manipulierte die semantische Assoziation zwischen diesem und dem vorangehenden Primewort. Marcel bestimmte die Darbietungsdauer der Primeworte, indem er für jeden Probanden die Schwelle der 60 % Richtigkeit in einer Erkennungsaufgabe annahm. Er manipulierte die Maskierungsbedingung und bot das Primewort in einer Bedingung unmaskiert, in einer zweiten Bedingung im nicht dominanten Auge und gefolgt von einer Mustermaske in dem dominanten Auge („zentrale Maskierungsbedingung“) und in einer dritten Bedingung im dominanten Auge und gefolgt von einer Rauschmaske ebenfalls im dominanten Auge („periphere Maskierungsbedingung“) dar. Die Ergebnisse der lexikalischen Entscheidungsaufgabe zeigen einen semantischen Bahnungseffekt für die unmaskierte und für die zentrale Maskierungsbedingung, während es keine Reaktionszeitbeschleunigung für semantisch assoziierte Probeworte in der peripheren Maskierungsbedingung gab. Als Kritikpunkt sei hier allerdings angemerkt, daß während des gesamten Experiments kein Fixationsreiz betrachtet werden sollte.

In seinem fünften Experiment wiederholte der Autor die maskierten Worte. Es zeigte sich, daß mit zunehmender Anzahl der Wortwiederholungen der Bahnungseffekt zunahm, obwohl sich auf die Erkennungsaufgabe der Worte kein Einfluß der Wiederholungsanzahl feststellen lassen konnte. Seine Ergebnisse zusammenfassend formuliert Marcel die Vorstellung, daß die zentrale Maskierung von Worten lediglich einen geringen Einfluß auf die tatsächliche visuelle Verarbeitung dieser Worte hat, daß im Gegensatz hierzu jedoch die bewußte Verfügbarkeit des Ergebnisses dieser visuellen Wortverarbeitung durch die Maskierung behindert wird. Im Umkehrschluß nimmt er eine weitreichende unbewußte und automatische perzeptuelle Wortverarbeitung an, die alle Ebenen der Analyse einschließt.

Den relativ eindeutig erscheinenden Ergebnissen von Marcel sind nun jedoch wiederum die Ergebnisse von Nolan und Caramazza (1982) und Fowler, Wolford, Slade und Tassinary (1981) entgegenzustellen.

Erstgenannte Autoren konnten in einer leicht abgewandelten Replikation des ersten Experiments von Marcel (1983) keine Hinweise auf die Möglichkeit der Extraktion

semantischer Eigenschaften von Worten finden, die graphemisch nicht verarbeitet worden waren. Als Ursache der Diskrepanz zwischen den Ergebnissen beider Studien fügen die Autoren das von Marcel benutzte Erkennungskriterium von 60 % (statt des tatsächlich zufälligen 50 % Erkennungskriteriums) und die Wiederholung der Reize für die Erkennungsaufgabe, die graphemische und die semantische Aufgabe an.

Auch die letztgenannten Autoren (Fowler et al., 1981) stellen einige der von Marcel (1983) und Allport (1977) erzielten Ergebnisse in Frage. Zwar konnten sie die oben berichteten Ergebnisse der ersten beiden Studien von Marcel replizieren, es kam jedoch bei einer direkten Messung der semantischen Analyse maskierter Worte auch bei einem Nonexperiment, bei dem keine Worte dargeboten wurden, ebenfalls zu einer überzufälligen Richtigkeit in der semantischen Aufgabe und damit zu einem vergleichbaren „semantischen Erkennungsmuster“. Dieses Ergebnis legt die methodischen und motivatorischen Schwierigkeiten, die bei der direkten Beurteilung von „nicht erkannten“ Worten entstehen können, offen. Es deutet auch – wie bereits die zweite Studie Marcells – die Möglichkeit strategischer Effekte bei der Beurteilung unterschiedlicher Reizeigenschaften an. Die indirekte Messung der semantischen Analyse maskierter Worte mittels einer semantischen Bahnungsprozedur konnte jedoch auch in zwei Experimenten der Studie von Fowler et al. (1981) erfolgen. Die Autoren betonen aufgrund ihrer Ergebnisse die Wichtigkeit des indirekten Abrufs der semantischen Aktivierung, bestätigen jedoch auch die Ergebnisse Marcells, daß es zu einer semantischen Analyse maskierter Worte kommen kann.

Nur schwerlich mit den Ergebnissen der ausführlich beschriebenen Studie von Neely (1977) und mit den theoretischen Annahmen der an der semantischen Bahnung beteiligten Mechanismen sind allerdings die Ergebnisse des sechsten Experiments von Fowler et al. (1981) in Einklang zu bringen. Bei der zweifachen Variation der SOA (kurz: 200 Millisekunden und lang: 2000 Millisekunden) zwischen dem maskierten Primewort und dem Probewort kam es lediglich bei der langen SOA zu einer semantischen Bahnung, wobei nach theoretischen Überlegungen eher ein gegenläufiger Effekt zu erwarten gewesen wäre: Nicht erkannte Worte sollten lediglich automatische Bahnungsmechanismen aktivieren können. Diese werden jedoch nach den Ergebnissen Neelys (1977) als sehr schnell wirksam und im Gegensatz zu kontrollierten Bahnungsmechanismen eher als kurz andauernd charakterisiert.

Bei einer gezielten Suche läßt sich jedoch auch der theoretisch erwartete, gegenläufige Bahnungseffekt in weiteren Studien finden. Eine Manipulation der SOA (kurz: 350 Millisekunden, lang: 2000 Millisekunden) verwirklichte Balota (1983) in einer der oben genannten Studie vergleichbaren Maskierungsstudie (Schwellenkriterium: 60 % Erkennung). Der Autor nahm mittels einer semantischen Bahnungsprozedur ebenfalls eine indirekte Messung der Extraktion der Wortbedeutung vor und forderte die Probanden zu einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe auf. Neben der semantisch assoziierten und semantisch nicht assoziierten Bahnungsbedingung fügte er eine neutrale Bahnungsbedingung (Reihe von X) in seinen experimentellen Plan ein. Bei dem Vergleich der Bahnungseffekte in der überschwelligigen, unmaskierten Bedingung und der unterschwelligen, maskierten Bedingung waren in beiden Bedingungen und sowohl in kurzen SOA als auch in langen SOA

semantische Bahnungseffekte (als Differenz der semantisch assoziierten minus der semantisch unassoziierten Bedingung) sichtbar. Zusätzlich zeigte sich in der unterschwelligen Bedingung bei der längeren SOA die Tendenz zu inhibitorischen Effekten (negative Differenz der unassoziierten Bedingung minus der neutralen Bedingung). Eine semantische Bahnung maskierter Worte bei sehr kurzer SOA (67 Millisekunden) ließ sich auch in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe und in einer Wortbenennungsaufgabe nachweisen (Perea & Gotor, 1997).

Durch die Ergebnisse von Ferrand (1996) wird auch die Möglichkeit der Dissoziation des *bahnenden* Einflusses der maskierten Worte in unterschiedlichen SOA deutlich. In einer Wortbenennungsaufgabe konnte der Autor eine Wortwiederholungsbahnung für SOA bis 150 Millisekunden nachweisen, die jedoch bei längerer SOA verschwand. Mittels der Antwort-Fenster Methode (*response window technique*, für eine Kritik dieser Methode siehe allerdings Doshier, 1998), bei der die Probanden einer Geschwindigkeitsinstruktion ausgesetzt sind und innerhalb eines sehr kurzen Zeitfensters nach der Reizdarbietung reagieren müssen, fanden auch Greenwald, Draine und Abrams (1996, siehe auch Greenwald, Klinger & Liu, 1989) einen Einfluß des maskierten Primewortes auf eine zweifache Wahlreaktionsaufgabe (Kategorisierung der Worte als schön oder unschön oder als männlicher oder weiblicher Vorname): Die Probanden machten mehr Fehler für inkongruente als für kongruente Prime-Probe-Paare. Dieser bahnende Effekt jedoch war nur für kurze SOA von bis zu 100 Millisekunden zu erkennen.

Den letzten Absatz zusammenfassend ergibt sich ein eher mehrdeutiges Bild bezüglich des Einflusses der SOA auf die semantische Bahnung durch maskierte Worte. Während einige Autoren bei (sehr) kurzen SOA eine Wirkung der semantischen Aktivierung nachweisen können, tritt diese in anderen Studien erst in längeren SOA auf und ist sogar bei kurzen SOA nicht vorhanden. Es soll allerdings festgehalten werden, daß bei unterschiedlichen SOA theoretisch durchaus mit unterschiedlichen Effekten der semantischen Bahnung zu rechnen ist.

Es besteht weitergehend die Möglichkeit, daß sich die Polarität des Effektes umkehrt und es unter bestimmten Umständen sogar zu einem inhibitorischen Einfluß der semantischen Assoziation maskierter Worte auf nachfolgende Worte kommen kann. Die Art des Bahnungseffektes allerdings ist für die Beurteilung der semantischen Analyse maskierter Worte zunächst zweitrangig, denn beide Arten des Effektes sprechen für eine (wie auch immer) geartete semantische Verarbeitung der maskierten Worte.

Einen physiologischen Nachweis der unbewußten semantischen Analyse maskierter Worte meinen Dehaene, Naccache, Le Clec'H, Koechlin, Mueller, Dehaene-Lambertz, van de Moortele und Le Bihan (1998) unter anderem mittels der Messung des lateralisierten Bereitschaftspotentials (*lateralized readiness potential*, LRP), welches motorische Reaktionsvorbereitungsprozesse abbildet, gefunden zu haben. Ihre Probanden entschieden mit einer Reaktion entweder der linken oder der rechten Hand, ob eine dargebotene Ziffer

numerisch größer oder kleiner als die Zahl fünf war. Zusätzlich zu einer Beschleunigung der Reaktionszeiten durch maskierte, kongruente Primereize (Zahlworte) kam es zu einer unterscheidbaren Form des LRP in Abhängigkeit von der Kompatibilität des Prime- zum Probereiz. Die Deutung dieser durch den maskierten Primereiz verursachten, motorischen Aktivierung nun sieht nach Ansicht der Autoren eine unabhängig von dem bewußten Erleben ablaufende Informationsverarbeitungsreihe vor, die jedoch die vollständigen perzeptuellen, semantischen und motorischen Prozesse einschließt.

Diese Studie, wie auch die oben zitierten Studien von Greenwald et al. (1996) und Greenwald et al. (1989), muß sich der Kritik stellen, daß es sich bei der gemessenen Reaktionszeitverkürzung oder auch bei der motorischen Aktivierung in den kompatiblen Bedingungen der Zweifach-Wahlreaktionsaufgabe nicht zwingendermaßen um einen Effekt handeln muß, der auf eine semantische Aktivierung und deren Ausbreitung zurückzuführen ist. Alternativ könnte auch lediglich eine direkte Bahnung der Reaktionshand vorliegen. Zu genau dieser Kritik kommen Klinger, Burton und Pitts (2000, siehe auch Neumann & Klotz, 1994), die in einer Replikation der genannten Studien keine von der motorischen Antwortvorbereitung unterscheidbare, residual affektive oder semantische Aktivierung glauben nachweisen zu können. Auch Damian (2001) greift einen Kritikpunkt der oben genannten Wahlreaktionsstudien auf. Der Autor verwirklichte eine Größenkategorisierungsaufgabe und konnte ebenfalls Kongruenzeffekte maskierter Worte in einer Wahlreaktionsanordnung messen. Es zeigte sich jedoch in weitergehenden Experimenten, daß sich diese Kongruenzeffekte nicht auf alle Reize generalisieren ließen und lediglich für Primeworte, die auch als mögliche Probeworte verwendet wurden, zutraf. Dieses Ergebnis legt den Schluß nahe, daß die Kongruenzeffekte in Wahlreaktionsaufgaben mit wiederholter Reizdarbietung durch spezifische und automatisierte Reiz-Reaktionsverknüpfungen zustande kommen könnten und demnach keinen Hinweis auf eine automatische Aktivierungsausbreitung bieten können.

Die Möglichkeit einer derartigen, als direkte Parameter Spezifikation (*direct parameter specification hypothesis*, siehe hierfür Neumann & Klotz, 1994) bezeichneten Erklärung der Bahnung zeigen auch Leuthold und Kopp (1998) auf. Mittels der Messung ereigniskorrelierter Potentiale (siehe hierzu Kapitel 2.2.) können die Autoren darlegen, daß sich ein durch maskierte räumliche Hinweisreize begründeter Kongruenzeffekt lediglich in dem Kurvenverlauf des lateralisierten Bereitschaftspotentials bemerkbar macht, während er frühere, visuelle Komponenten der ereigniskorrelierten Potentiale unbeeinflusst läßt.

Eine Aufklärung dieser oben aufgeführten Interpretationsschwierigkeiten ist jedoch kürzlich Binnewies, Heinrich und Vorberg (2002) gelungen. Unter der Verwendung metakonstrastierter (für eine Darstellung der Methode der Metakonstrastmaskierung siehe beispielsweise Breitmeyer, 1984) Primeworte konnten die Autoren nachweisen, daß es auch zu einem Bahnungseffekt durch sich nicht in der Zielwortmenge befindliche Primeworte kommen kann, und daß somit Kongruenzeffekte zumindest in ihrer Studie nicht allein durch spezifische Reiz-Reaktionszuordnung zustande gekommen sein können. Dieser neuere

Befund nun bietet einen starken Beleg für die Annahme der Auslösung automatischer semantischer Mechanismen durch maskierte Worte.

Der Vollständigkeit halber soll kurz ein weiterer Weg zur Einschätzung der maskierten Bahnungseffekte als tatsächlich *semantische* Bahnung durch die Benutzung unterschiedlichen Reizmaterials angefügt werden. Mittels des Nachweises der Bahnung von Worten auf Bilder und umgekehrt könnte belegt werden, daß eine Abstraktion des Bedeutungsinhaltes der Reize stattgefunden haben muß und es sich bei den nachgewiesenen Effekten nicht lediglich um (Wort-)reizspezifische Effekte handelt. Aus diesem Grund befaßten sich auch einige Studien mit der Untersuchung der Bahnungswirkung maskierter Bilder und Worte. Lediglich um das Bild der semantischen Bahnung abzurunden, sollen die Ergebnisse hier eine kurze Erwähnung finden.

Zunächst wiesen McCauley, Parmelee, Sperber und Carr (1980) in einer Bilderbenennungsaufgabe die Möglichkeit der semantischen Bahnung von Bildern durch Bilder, deren kurze Darbietungsdauer die bewußte Identifikation unmöglich machte, nach. Die Autoren interpretieren ihre Ergebnisse dahingehend, daß die Bedeutungsextraktion der Bilder und deren bewußte Identifikation zwei trennbare Prozesse sind. Einen „crossmodalen“ semantischen Bahnungseffekt von maskierten und nicht-berichtbaren Bildern auf die Benennung von Worten (und auch Bildern) zeigten Carr, McCauley, Sperber und Parmelee (1982; für vergleichbare Ergebnisse siehe auch Hines, Czerwinski, Sawyer & Dwyer, 1986). Sie stellten allerdings fest, daß sich Unterschiede in der Ausprägung der Stärke des Bahnungseffektes bemerkbar machten. So scheinen maskierte Bilder eine stärkere Bahnungswirkung auf beliebige Probereize auszuüben als maskierte Worte. Auch nach einer konservativeren Festlegung des Erkennungskriteriums nach einer dreifachen Messung der Erkennungsschwelle in der Studie von Dell’Acqua und Grainger (1999) blieb eine semantische Bahnung durch maskierte Bilder erhalten.

Allein diese wenigen, exemplarisch aus der Menge der Maskierungsstudien herausgegriffenen Untersuchungen machen die sehr widersprüchlichen Befunde derartiger Experimente deutlich. Es kann wohl kaum davon gesprochen werden, daß ein eindeutiges Bild bezüglich der Möglichkeit einer semantischen Analyse von nicht erkannten Worten existiert. Je nach der Erhebung der Erkennungsschwellen, nach dem Setzen des Erkennungskriteriums, nach der Art der Maskierung, der SOA zwischen Prime und Probewort in einem Bahnungsexperiment und nach der generellen Meßweise der Verarbeitung (direkt oder indirekt) können Ergebnisse entstehen, die eine semantischen Analyse maskierter Worte möglich erscheinen lassen oder aber dieser Interpretation entgegenstehen.

Ein Hauptkritikpunkt liegt sicherlich in der große Variabilität zwischen den Studien in Hinblick auf die Aufgabenanforderungen, die zeitlichen Parameter und die Klassifizierung der maskierten Reize als unschwellig. Dieser Kritikpunkt wird in dem nachfolgenden Kapitel nochmals aufgegriffen und ein mittlerweile anerkannte Lösungsvorschlag einiger Autoren vorgestellt.

2.1.4 Das Problem "Bewußtsein"

***bewußt**, urspr. soviel wie wissend, bekannt, seit dem 18. Jahrhundert Fachausdruck der Philosophie und Psychologie; Gegensatz: unbewußt. Wird der Ausdruck „Ich bin mir eines Vorgangs in mir bewußt“ in dem Sinn von „Ich weiß drum“ gemeint, so sind nicht alle unsere Erlebnisse bewußte Vorgänge, Gegenstände unseres Bewußtseins oder Bewußtseinstatsachen, sondern nur die, denen sich die Aufmerksamkeit zuwendet. [...] Die Übergänge vom Unbewußten zum Bewußten sind dann fließend. Die volle Bewußtheit tritt erst ein, wenn ein Erlebnis nicht nur erlebt, sondern zum Gegenstand der Selbstwahrnehmung erhoben wird, wobei die Tatsache anzumerken ist, daß auch unbewußte Erlebnisse im Bewußtsein auftauchen, d.h. über die Bewußtseinsschwelle treten können [...].*

Hoffmeister (1955): Wörterbuch der philosophischen Begriffe

Die obige Definition von "bewußt" ist sicherlich ein für philosophische Laien gut verständlicher Ausschnitt der weitergehenden Ausführung eines philosophischen Wörterbuches. Bei der genaueren Betrachtung jedoch fällt auf, daß zur Erklärung des Attributs „bewußt“ andere, ebenfalls unscharf definierte Begriffe wie „Aufmerksamkeit“, „Selbstwahrnehmung“ und „Bewußtseinsschwelle“ herangezogen werden. Auch neuere Ausführungen zur Beschreibung und Erklärung des Bewußtseins (siehe z.B. Crick & Koch, 1992; LaBerge, 1997; Dörner, 2000; Roth, 2000, Singer, 2000) machen meines Erachtens lediglich eine Eigenschaft deutlich, die dem Bewußtsein zugeschrieben werden kann: Es ist bislang weder verstanden, noch ist klar, ob dieses Phänomen überhaupt jemals mit (natur-) wissenschaftlichen Methoden erklärbar sein wird.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit soll nicht über die Natur des Bewußtseins an sich spekuliert werden. Es soll jedoch auf den Umstand eingegangen werden, daß – wie auch in der obigen Definition erwähnt – es offensichtlich mindestens zwei unterscheidbare Bewußtseinszustände eines Lebewesens geben kann: Dem geistigen Zustand „bewußt“ wird sein Widerpart „unbewußt“ entgegengesetzt.

Obwohl die vollständige Aufklärung des Bewußtseins fragwürdig erscheint, kann die oben ausführlich dargelegte Vorgehensweise der Untersuchung unaufmerksamer oder eben äquivalent benannter, „unbewußter“² Informationsverarbeitungsprozesse möglicherweise einen Beitrag zum Verständnis des Phänomens „Bewußtsein“ leisten. Vor diesem Hintergrund gilt es, herauszufinden, welche Schritte innerhalb der angenommenen Informationsverarbeitungsstufen unbewußt durchlaufen werden können. Die vorliegende Arbeit befaßt sich diesbezüglich mit der Frage, ob es zu einer unaufmerksamen/unbewußten semantischen Analyse von Worten kommen kann. Da eine Vielzahl von Studien eben dieses

² In der vorliegenden Arbeit wurde bislang und wird auch weiterhin keine Unterscheidung zwischen den Begriffen „aufmerksam“ und „bewußt“ vorgenommen. Es soll an dieser Stelle jedoch bemerkt werden, daß die äquivalente Verwendung der Begriffe nicht ihre allgemeine Gleichsetzung implizieren soll.

Thema beinhalten, erscheint es sinnvoll, zu einer allgemein anerkannten Definition von „unbewußter Informationsverarbeitung“ zu kommen, da eben an dieser die Interpretation der gewonnenen Ergebnisse gemessen werden muß.

Die dargelegten selektiven Aufmerksamkeitsstudien gehen nicht auf diese Definitionsproblematik ein. Sie unterscheiden lediglich zwischen einer aufmerksamen und einer unaufmerksamen Informationsverarbeitung. Eine Kontrolle der Art der unaufmerksamen Informationsverarbeitung findet dementsprechend nicht statt. Je nach der Art der Instruktion kann es so zu einer kurzzeitigen Mitbeachtung, einer Nichtbeachtung oder sogar einem gezielten Ignorieren der nicht aufmerksam zu verarbeitenden Reize kommen. Diese Unterschiedlichkeiten sind sicherlich als Erklärung für die divergierenden und zum Teil auch konträren Ergebnisse heranzuziehen. Die im letzten Kapitel dargestellten Maskierungsstudien hingegen setzten eine unbewußte Verarbeitung der maskierten Reize voraus. Unter anderem aufgrund der Relevanz für diese Studien wurde in neuerer Zeit der Versuch einer Kategorisierung der verschiedenen Methoden der Schwellenmessung unternommen. Auch wurden Kriterien benannt, mittels derer ein tatsächlicher Nachweis unbewußter Informationsverarbeitung erbracht werden sollte.

Merikle und Daneman (2000) und Merikle, Smilek und Eastwood (2001) stellen zunächst fest, daß der Untersuchung unbewußter Informationsverarbeitung bislang anhand unterschiedlicher Methoden nachgegangen wurde. So heben sie hervor, daß es zu den unterschiedlichsten Festlegungen der Wahrnehmungsschwellen in Maskierungsstudien kam. Mit der Absicht, diese Schwellen zu definieren, formulieren sie eine *subjektive* Erkennungsschwelle, bei der die Bewußtheit der Wahrnehmung eines Reizes anhand des subjektiven Berichtes der Probanden eingeschätzt wird. Ein Reiz, von dem ein Proband angibt, ihn nicht wahrgenommen zu haben, wäre nach dieser Definition also „unbewußt“. Dieser subjektiven Schwellenmessung stellen die Autoren die *objektive* Messung der Erkennungsschwelle gegenüber, die aus einer psychophysischen Schwellenmessung einer Wahlreaktionsaufgabe bezüglich bestimmter Reizeigenschaften (beispielsweise des Vorhandenseins eines Reizes) resultiert. Unter anderem aufgrund ihrer eigenen Ergebnisse stellen die Autoren fest, daß es je nach der Festlegung derartiger Schwellen zu differierenden Ergebnissen kommt und daß eine unbewußte Reizverarbeitung eher für subjektiv unbewußte Reize nachgewiesen werden kann als für Reize, für die in einer objektiven Schwellenmessung keine Unterscheidung zu treffen ist (siehe z.B. Cheesman & Merikle, 1986). Da die Autoren jedoch einen entscheidenden Nachteil der als konservativer bezeichneten, objektiven Schwellenmessung darin sehen, daß es zu einer Unterschätzung der unbewußt möglichen Prozesse kommen kann, präferieren sie eine subjektive Wahrnehmungsangabe als Maß der Bewußtheit für die dargebotenen Reize.

In einem umfassenden Übersichtsartikel und einer kritischen Überprüfung der Entstehungsprozesse der Ergebnisse beschäftigt sich Holender (1986) mit der Frage, ob die bislang durchgeführten dichotischen Hörstudien, parafovealen Darbietungsanordnungen oder Maskierungsstudien eine unbewußte *semantische* Wortverarbeitung nachweisen können. Seine Überlegungen zusammenfassend kommt der Autor zu dem Schluß, daß (fast) allen bis

zu dem damaligen Zeitpunkt veröffentlichten Untersuchungen seiner Einschätzung nach methodische Mängel anhaften, die einer positiven Beurteilung bezüglich der Möglichkeit einer unbewußten Erfassung semantischer Inhalte entgegenstehen. Der Autor fügt als notwendige Voraussetzungen für den Nachweis der tatsächlich subliminalen Wahrnehmung die von Dixon (1971, zitiert nach Holender, 1986) geforderten drei Kriterien an. Demnach muß es eine

- 1) *positive, indirekte Evidenz für eine semantische Aktivierung gepaart mit einer negativen, direkten Evidenz für die Erkennung des Reizes zur Zeit der Reizdarbietung,*
- 2) *eine positive, indirekte Evidenz für die semantische Aktivierung gepaart mit einer Unfähigkeit, den semantischen Inhalt des Reizes zurückblickend zu berichten und eine*
- 3) *positive, indirekte Evidenz der semantischen Aktivierung, die qualitativ unterschiedlich von einer mittels bewußt identifizierbarer Reize meßbaren Aktivierung ist, geben.*

Während die ersten beiden Kriterien die bereits oben diskutierten Unterschiede zwischen der Erhebung objektiver beziehungsweise subjektiver Wahrnehmungsschwellen einschließen, werden zusätzlich zwei weitergehende Gesichtspunkte deutlich.

Einer dieser Aspekte betrifft die *qualitative Unterschiedlichkeit* der Effekte unbewußt versus bewußt wahrgenommener Reize. Es ist zwar fragwürdig (und meines Erachtens theoretisch nicht unbedingt anzunehmen), ob sich eine, die Qualität des Bewußtseins betreffende Unterschiedlichkeit auch in qualitativ unterscheidbaren Konsequenzen dieser Verarbeitung äußern muß, es ist jedoch offensichtlich, daß qualitativ unterschiedliche Effekte bewußter und unbewußter Reize auf einen kaum zu leugnenden Verarbeitungsunterschied deuten würden. Im Gegensatz hierzu könnten quantitative Unterschiede, beispielsweise schwächere Effekte unbewußt verarbeiteter Reize im Vergleich zu bewußt verarbeiteten Reizen lediglich als abgeschwächte Form letzterer interpretiert werden. Diese abgeschwächte Verarbeitung ließe sich dann leicht mit der Möglichkeit einer unzureichenden Schwellenetablierung erklären.

Dieses, auch von Merikle und Daneman (2000) herausgehobene Kriterium der qualitativen Unterschiedlichkeit der Effekte bewußt versus unbewußt wahrgenommener Reize ist selten erfüllt worden. Groeger (1984) jedoch konnte nach unterschiedlicher Schwellenbestimmung tatsächlich differierende Effekte finden. Nach der mittels auf- und absteigender Reizdarbietungen gewonnenen Bestimmung einer objektiven (Reizerkennungsschwelle) und subjektiven Erkennungsschwelle (Worterkennung) forderte der Autor seine Probanden auf, das maskierte Wort in einer Matrix von 24 möglichen Worten anzugeben. Unter diesen möglichen Worten befand sich jedoch nicht das tatsächlich dargebotene Wort, sondern lediglich diesem semantisch oder strukturell (Besitz gemeinsamer Buchstaben mit dem dargebotenen Wort) ähnliche Worte. Die Ergebnisse

zeigen nun eine unterschiedliche, überdurchschnittliche Wahl bestimmter Matrixworte für die beiden Schwellenbedingungen: In der objektiven Schwellenbedingung kam es vornehmlich zu der Wahl semantisch ähnlicher Matrixworte, während es in der subjektiven Schwellenbedingung eher zu einer Wahl strukturell ähnlicher Matrixworte kam. Seine Ergebnisse deutend vertritt der Autor die Meinung, daß Worte, die nicht identifiziert werden können, obwohl sie als Reize erkannt wurden, eher strukturell verarbeitet werden. Hingegen werden seiner Einschätzung nach Worte, über deren Vorhandensein die Probanden keine Auskunft geben können, eher semantisch verarbeitet.

An dieser Stelle sollen auch die Studien von Debner und Jacoby (1994) und Merikle und Joordens (1997) erwähnt werden. Erstgenannte Autoren forderten, nachdem sie maskierte, kurz (50 Millisekunden) und länger (500 Millisekunden) erscheinende oder in einem zweiten Experiment mittels eines geteilten Aufmerksamkeitsparadigmas aufmerksam beachtete oder weniger beachtete Worte dargeboten hatten, eine Wortstammerngänzungsaufgabe: Die Probanden sollten die drei Anfangsbuchstaben mit dem Wort komplettieren, welches ihnen zuerst einfiel, wobei sie einschränkend nicht das Wort wählen sollten, was sie meinten, eben gesehen zu haben (Exklusionsaufgabe). Anhand der erhöhten Anzahl der unerlaubten Wortergänzungen des vorher dargebotenen Wortes stellte sich heraus, daß es den Probanden schwer fiel, die kurz dargebotenen oder weniger stark beachteten Worte aus ihrer Wahl auszuschließen, wobei ihnen dies für die länger dargebotenen oder aufmerksam verarbeiteten Worte gelang. Zu ebenfalls bewußtseinsabhängigen, unterscheidbaren Ergebnissen kamen die zweitgenannten Autoren Merikle und Joordens (1997). Die Autoren boten ihren Probanden Farbworte dar und forderten dann eine Benennung der Farbe eines nachfolgenden Farbkleckses. Sie stellten fest, daß sich ein, dem Stroop-Effekt ähnlicher Effekt für die Benennung von Farbklecksen bei einer Veränderung der Wahrscheinlichkeiten für kongruente und inkongruente Wort-Farbklecks-Reizpaare in Abhängigkeit von der bewußten Verarbeitung des maskierten Farb-Wortes verändern kann. So zeigte ihr Ergebnismuster für unbewußt wahrgenommene Worte die charakteristische, in dieser Versuchsanordnung auftretende verlängerte Reaktionszeit auf die Benennung der Farbkleckse im inkongruenten Fall, in dem die Farbe des Farbkleckses nicht der Bedeutung des vorangehenden Farb-Wortes entsprach. Im Unterschied hierzu machte sich für die bewußt wahrgenommenen Worte ein umgekehrter Effekt, also langsamere Benennungslatenzen in der kongruenten im Vergleich zu der inkongruenten Bedingung bemerkbar. Ihre Ergebnisse deutend vermuten die Autoren, daß die Probanden durch die in ihrer Studie erhöhte Wahrscheinlichkeit der inkongruenten Reizpaarungen (75 %) in der Lage waren, sich strategisch darauf einzurichten, die durch das Farb-Wort aktivierte Farbbezeichnung nicht benennen zu müssen. Zu dieser strategischen Vorhersage waren sie offensichtlich im Fall der unbewußt dargebotenen Worte nicht in der Lage.

Diese Deutung der Ergebnisse gibt allerdings bezüglich des betrachteten Kriteriums an dieser Stelle Anlaß zu der Bemerkung, daß die Unterschiedlichkeit der Effekte bewußt und unbewußt wahrgenommener Reize zumindest in den beiden letztgenannten Studien eben durch das Hinzukommen strategischer Effekte erklärbar wird. Diese Überlegung könnte

kritisch sein, da es sich hierbei um globale Strategien vor oder nach der eigentlichen Reizverarbeitung handeln könnte, die eher indirekt einen Einfluß auf die geforderte Aufgabe ausüben könnten und somit von der eigentlichen Reizverarbeitung trennbar wären.

Eine Erfüllung des Kriteriums der qualitativen Unterschiedlichkeit der durch bewußt und unbewußt verarbeitete Worte hervorgerufenen Konsequenzen könnte bereits in der oben zitierten Studie von Balota (1983) angedeutet werden. Der Autor stellte bei einer langen SOA eine inhibitorischen Tendenz nur für unterschwellig präsentierte, semantisch assoziierte Probeworte fest. Da diese eventuell vorhandene Inhibition für unterschwellige Darbietungsbedingungen möglicherweise eine Trennung von den Bahnungseffekten in überschwelligen Bedingungen darstellt, soll nun ausführlicher auf zwei weitere Studien eingegangen werden, die ebenfalls einen inhibitorischen Effekt für semantisch assoziierte Worte bemerkten.

Klinger und Greenwald (1995) untersuchten den Einfluß der unterschiedlichen Erkennung der maskierten Primeworte auf eine geforderte Assoziationsbeurteilungsaufgabe, in der die Probanden angeben sollten, ob es sich bei zwei gleichzeitig dargebotenen Probeworten um semantisch assoziierte Worte handelte oder nicht. Unter der Verwirklichung einer SOA zwischen Primewort- und Probewortdarbietung von 500 Millisekunden fanden die Autoren einen *stärkeren* Bahnungseffekt für die Probandengruppe, die durchschnittlich eine *geringe Erkennung* der Primes zeigte (Erkennungsschwelle: 51 %) als für eine weitere Gruppe, die durchschnittlich eine höhere Erkennung der Primes (Erkennungsschwelle: 68 %) aufwies. Dieses Ergebnis wird von den Autoren dahingehend interpretiert, daß nicht erkennbare, maskierte Primeworte ihre Semantik aktivieren können, daß allerdings der bewußte Versuch, diese unerkannten Worte zu verarbeiten, unbewußte Aktivierungen hemmen kann. Ein ähnliches Ergebnis hatte bereits Carr und Dagenbach (1990; siehe auch Dagenbach, Carr & Wilhelmsen, 1989; jedoch auch Kahan, 2000 für ähnliche Ergebnisse aber eine abweichende Interpretation) veranlaßt, post-hoc einen inhibitorisch wirkenden Zentrums-Umgebungs-Mechanismus (*center-surround attentional mechanism*) zu postulieren, der nachfolgend kurz vorgestellt werden soll.

In der Maskierungsstudie der Autoren stellte sich bei dem Vergleich der semantischen Bahnung in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe ein Effekt je nach der Art der Etablierung der Erkennungsschwellen für die maskierten Worte heraus. Diese erfolgte anhand eines semantischen Ähnlichkeitsurteils oder anhand einer Reizerkennungsaufgabe. Während sich die Reaktionszeiten in dem nachfolgenden, maskierten Bahnungsexperiment (bei dem unabhängig von der vorangegangenen Prozedur vergleichbare Reizdarbietungszeiten verwirklicht wurden) nach der Etablierung der Erkennungsschwelle für semantisch assoziierte und identische Probeworte verringerten, kam es nach dem semantischen Ähnlichkeitsurteil zwar zu einer Reaktionszeitbeschleunigung für die Wortwiederholung, jedoch zu einer Reaktionszeitverlängerung für semantisch assoziierte Probeworte. Den Überlegungen der Autoren zufolge kommt es im Fall der durch die Maskierung verursachten, schweren Erfäßbarkeit der Bedeutung eines Wortes zu einer

Kontrastverstärkung des zu erfassenden Wortes in Relation zu den semantisch assoziierten Worten: Verursacht durch das Bestreben, die schwach aktivierten Wortknoten dem Gedächtnisabruf verfügbar zu machen, werden die zu dem nicht bewußt erfaßbaren Wort semantisch assoziierten Konzepte gehemmt. Diese Hemmung findet nach Ansicht der Autoren nicht statt, wenn, wie in der Erkennungsschwellenetablierung, die Wortbedeutung irrelevant ist. Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß mit der Formulierung dieses Modells und der selektiven Hemmung der umgebenden, semantisch assoziierten Konzeptknoten implizit eine gewisse semantische Verarbeitung und Aktivierung dieses nicht bewußt erfaßbaren, maskierten Wortes vorausgesetzt wird.

Bezüglich des Kriteriums der qualitativen Unterscheidbarkeit der Effekte bewußt und unbewußt verarbeiteter Worte kann festgehalten werden, daß sichergestellt werden sollte, ob diese qualitativen Unterschiede wirklich auf die direkte Reizverarbeitung zurückzuführen sind oder ob sie nicht vielmehr eher globalen Strategien zugeschrieben werden müssen. Eine Möglichkeit der Dissoziation scheint in dem Vorhandensein inhibitorischer Effekte zu liegen, die sich in wenigen Studien andeuten. Auch hier sollte allerdings eine Einschätzung des zugrundeliegenden Mechanismus` vorgenommen werden.

Einen weiteren, obig benannten Gesichtspunkt greift Holender (1986) in seiner Kritik auf. Er bemängelt den fehlenden Nachweis der tatsächlich unbewußten Reizverarbeitung *zum Zeitpunkt der Reizdarbietung*. Seines Erachtens kann keine der von ihm beurteilten Studien nachweisen, ob die verwendeten Reize zum Darbietungszeitpunkt unbewußt verarbeitet wurden oder ob sie letztlich nicht doch bewußt wahrgenommen und lediglich später vergessen wurden. Selektive Aufmerksamkeitsstudien können seiner Einschätzung nach dieses genannte Kriterium nicht erfüllen, da nicht kontrolliert werden kann, ob die Aufmerksamkeit während der Reizdarbietung nicht zwischen dem beachteten und dem nicht zu beachtenden Reiz hin- und her wechselte und die semantische Analyse nicht doch eher der aufmerksamen Beachtung der Reize zuzusprechen ist. Bezüglich der Maskierungsstudien kommt Holender aufgrund der sehr widersprüchlichen Befundlage zu dem Schluß, daß offensichtlich in einem Großteil der Studien eine inadäquate Schwellenbestimmung der maskierten Reize beispielsweise durch eine unvollständige Dunkeladaptation stattgefunden haben muß. Dies würde die Möglichkeit einer besseren Erkennbarkeit der Reize im Laufe des Versuchs zur Folge haben und würde die Ergebnisse der vorangehenden, psychophysikalischen Schwellenbestimmung nichtig werden lassen. Der Nachweis einer semantischen Analyse in Maskierungsstudien ist seinen Überlegungen zufolge sehr zweifelhaft.

Während Verhaltensdaten an dem in der oben dargelegten Kritik geforderten Nachweis der tatsächlich unbewußten Wahrnehmung der Reize *zum Zeitpunkt ihrer Darbietung* scheitern, eröffnet sich mittels der Messung physiologischer Parameter die Möglichkeit, zu einer direkteren Einschätzung der tatsächlich passierenden Reizverarbeitung zu kommen. Als einer dieser physiologischen Parameter werden im Rahmen der Studie ereigniskorrelierte

Potentiale im Elektroenzephalogramm gemessen. Nachfolgend sollen die Grundlagen dieser ereigniskorrelierten Potentiale erläutert werden.

2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP)

Zur Beantwortung der Frage, ob eine Analyse bestimmter Reizeigenschaften von unaufmerksam oder unbewußt verarbeiteten Reizen stattgefunden hat, bietet sich die Erhebung des physiologischen Parameters der ereigniskorrelierten Potentiale an. Im Gegensatz zu Verhaltensmaßen, die erst als Folge einer bereits abgelaufenen Informationsverarbeitungsreihe erhoben werden können, bieten sie den Vorteil, zum aktuellen Reizverarbeitungszeitpunkt gemessen werden zu können und erlauben aufgrund ihrer hohen zeitlichen Auflösung eine Einschätzung der „Online-Reizverarbeitung“. Zudem – und diese Eigenschaft ist insbesondere im Kontext der vorliegenden Arbeit als wesentlich anzusehen – stellen sie ein von dem bewußten Erleben der Probanden relativ unabhängiges Maß dar.

In der vorliegenden Arbeit werden in einigen Studien zur Ergänzung der Verhaltensmaße die ereigniskorrelierten Potentiale des Elektroenzephalogramms erhoben. Zu der Beurteilung der Aussage der mittels dieses elektrophysiologischen Maßes gewonnenen Ergebnisse ist ein Verständnis der Meßmethodik hilfreich. Aus diesem Grund wird im folgenden Kapitel zunächst die grundlegende Methode zur Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale dargestellt. Anhand vielfältiger Studien stellte sich heraus, daß spezifische, trennbare Komponenten der ereigniskorrelierten Potentiale mit spezifischen kognitiven Prozessen in Zusammenhang gebracht werden können. In den beiden nachfolgenden Kapiteln wird auf die im Rahmen der vorliegenden Arbeit bedeutsamen ereigniskorrelierten Potentiale, auf die mit Sprachprozessen einhergehende N400 und auf die mit der allgemeinen Reizerfassung in Zusammenhang stehende P300, näher eingegangen.

2.2.1 Methode

Das Elektroenzephalogramm (EEG) wird üblicherweise als Differenzpotential von meist mehreren, an der Kopfoberfläche angebrachten, aktiven Elektroden zu einer (oftmals inaktiven) Referenzelektrode abgeleitet. Die ereigniskorrelierten Potentiale nun lassen sich aufgrund einer Mittelungsprozedur aus dem Roh-EEG extrahieren, indem zeitlich definierte Epochen beispielsweise nach der Darbietung eines Reizes aus dem Roh-EEG herausgeschnitten und gemittelt werden. Die in einem Spannungs-Zeit-Diagramm aufgetragenen Kurvenverläufe sind durch diesen Verarbeitungsschritt um die zu jedem Zeitpunkt im EEG auftretende „Spontanaktivität“ bereinigt und spiegeln lediglich die elektrische Aktivität wider, die mit der Reizdarbietung in Zusammenhang steht (ereigniskorrelierte Potentiale, EKP). Innerhalb dieser entstandenen zeitlichen Spannungsänderungen können nun unterschiedliche Komponenten definiert werden, die sich in ihrer Latenz zu dem auslösenden Reiz, in ihren Potentialausrichtungen (positiv oder

negativ), in ihrer Amplitudenausprägung (bezogen auf eine Grundlinie) und auch aufgrund ihrer Topographie (dem Ableitort ihrer maximalen Ausprägungsstärke) differenzieren lassen. Hierbei werden in einer groben Charakterisierung den frühen (Latenzbereich 10-50 Millisekunden), exogenen Komponenten, die an die physikalische Reizdarbietung gekoppelt sind und unabhängig von dem Zustand des Organismus auftreten, die späteren, endogenen Komponenten gegenübergestellt (siehe z.B. Rösler & Heil, 1998; Donchin, Ritter & McCallum, 1978). Diese endogenen Komponenten variieren in ihrer Latenz und ihrer Amplitude in Abhängigkeit von spezifischen Reizbedingungen; unter anderem sind sie abhängig von bestimmten Reizeigenschaften, von deren veränderbaren, subjektiven Bedeutsamkeit und auch von der Zuwendung der Aufmerksamkeit auf die Reizverarbeitung.

Es kann angenommen werden, daß die ereigniskorrelierten Potentiale die summierte, synchrone elektrische Aktivität kortikaler und zu einem geringeren Anteil auch subkortikaler (thalamischer) Zellen widerspiegeln (siehe Coles & Rugg, 1995; zur genaueren Analyse der wahrscheinlichen Generatoren der ereigniskorrelierten Potentiale sei an dieser Stelle auf weiterführende, einschlägige Literatur verwiesen, beispielsweise Scherg & Picton, 1991; Wood, 1987).

Eine Interpretation der Unterschiedlichkeit ereigniskorrelierter Potentiale kann anhand der oben genannten Dimensionen erfolgen. Soll beispielsweise ein Aufschluß über zeitliche Verarbeitungsprozesse gewonnen werden, so wird eine Analyse der Latenzen spezifischer Komponenten vorgenommen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Beschränkung der Analyse auf die Amplitudenvariation der ereigniskorrelierten Potentiale in Abhängigkeit von den experimentellen Bedingungen. Im nächsten Kapitel wird auf die beiden im Kontext der vorliegenden Arbeit bedeutsamen Potentiale eingegangen.

2.2.2 Die N400 – semantische Verarbeitung?

Was passiert, wenn ein Fisch nicht schwimmt sondern fliegt?

Abgesehen von einigen fliegenden Fischen, die den Satz „*Fische haben Kiemen und können fliegen*“ wahr werden lassen können, entspricht das Wort „*fliegen*“ in diesem Satzkontext nicht der allgemeinen Erwartung, aufgrund derer Fische mit ihren Kiemen eher im Wasser schwimmen und nicht fliegen sollten. Kutas und Hillyard (1980) waren die ersten Autoren, die ereigniskorrelierte Potentiale während des Lesens unsinniger Sätze ableiteten. Sie stellten fest, daß es ungefähr 400 Millisekunden nach der Darbietung des letzten, nicht in den erwarteten Satzkontext passenden Wortes zu einer verstärkten Negativierung der ereigniskorrelierten Potentiale im Vergleich zu den durch ein in den Satzkontext passendes Wort evozierten Potentialen kam (beispielsweise in dem Vergleichssatz: „*Fische haben Kiemen und können schwimmen*“). Im Unterschied zu dieser verstärkten Negativierung riefen physikalisch von den vorangehend dargebotenen Worten abweichende, letzte Worte (beispielsweise: „*Fische haben Kiemen und können SCHWIMMEN*“) einen positiveren Kurvenverlauf (eine sogenannte P560 Komponente) hervor. Diese Ergebnisse ließen die Autoren vermuten, daß es sich bei dem durch das inkongruente Wort verursachten N400-

Effekt (als Differenz der ereigniskorrelierten Potentiale der inkongruenten zu der kongruenten Bedingung) nicht um ein Zeichen einer allgemeinen, verletzten Erwartung bezüglich unspezifischer Reizeigenschaften handelt. Sie vermuten vielmehr in dem N400-Effekt eine Widerspiegelung der Nachverarbeitung semantisch unnormaler Informationen.

In Einklang mit den oben beschriebenen Ergebnissen zeigten auch Besson und Macar (1987), daß sich der N400-Effekt nicht durch physikalisch von den vorangehenden Reizen abweichende und somit unerwartete Reize auslösen läßt. Es stellte sich weiterhin heraus, daß der N400-Effekt in vergleichbarer Weise sowohl bei der Verwendung unterschiedlicher Sprachen (Deutsch, Holländisch, Französisch, Gebärdensprache; siehe Münte, Heinze & Prevedel, 1990; Gunter, Jackson & Mulder, 1992; Besson & Macar, 1987; Neville, 1985) als auch bei der Reizdarbietung in unterschiedlichen Modalitäten (akustisch, visuell; siehe beispielsweise Anderson & Holcomb, 1995) auftritt.

Die oben dargestellten Ergebnisse zusammengekommen scheint die Variation physikalischer Faktoren weder einen N400-Effekt auszulösen noch das Auftreten des N400-Effektes zu beeinflussen (siehe allerdings Holcomb, 1993 für einen größeren N400-Effekt visuell degradiert im Vergleich zu undegradieren Worten). Diese Unabhängigkeit des N400-Effektes von den physikalischen Reizeigenschaften verdichtet die Hinweise, daß es sich bei dem Effekt um eine Abbildung abstrakterer kognitiver Prozesse handelt.

Neben dieser relativen Unabhängigkeit von physikalischen Faktoren können auch die Ergebnisse von Stuss, Picton und Cerri (1988) und Federmeier und Kutas (1999) als wichtiger Befund zur Charakterisierung des N400-Effektes als spezifisch semantischen Effekt angesehen werden. Die Autoren konnten eine negative Abhängigkeit der Ausprägungsstärke des N400-Effektes von der Typizität der dargebotenen Kategorieexemplaren feststellen. Zudem tritt der N400-Effekt für im Sprachgebrauch selten verwendete Worte stärker auf als für häufig verwendete Worte (*word frequency effect*, siehe beispielsweise Rugg, 1990; Smith & Halgren, 1987; Fernández, Weyerts, Tendolkar, Smid, Scholz & Heinze, 1998). Auch macht sich die verletzte Erwartung über das Auftreten eines Wortes in dem durch den Satzkontext gebahnten Sinnzusammenhang in dem Amplitudenunterschied der N400 weniger stark bemerkbar, wenn die inkongruenten Worte mit den passenden Worten semantisch assoziiert sind (Kutas & Hillyard, 1984). Diese Ergebnisse bringen nun den N400-Effekt mit den Organisationsgegebenheiten des semantischen Lexikons in Verbindung: Offensichtlich spielt es eine Rolle, wie semantisch „nah“ oder „fern“ sich die abweichenden Worte und die aufgrund des Satzkontextes erwarteten Worten sind.

Ein direkter Zusammenhang zwischen dem N400-Effekt und der semantischen Assoziationsstärke zweier Worte konnte mittels der Darbietung isolierter Wortpaare in einem semantischen Bahnungsexperiment nachgewiesen werden. Es zeigte sich hier, daß Probeworte, die keinen semantischen Bezug zu vorangehenden Primeworten besaßen, eine negativere Amplitude im Zeitfenster der N400 evozierten als Probeworte, die eine semantischen Beziehung zu den vorangehenden Primeworten aufwiesen (siehe

beispielsweise Bentin, McCarthy & Wood, 1985; Bentin, 1989; Kutas & Van Petten, 1988; Kutas & Hillyard, 1989; Weisbrod, Kiefer, Winkler, Maier, Hill, Roesch-Ely & Spitzer, 1999).

Anhand der genannten Ergebnisse erscheint es nun einsichtig, daß der N400-Effekt Prozesse, die mit der Bedeutung der Wortreize in Zusammenhang stehen, abbildet. Offensichtlich sind diese Prozesse jedoch nicht an eine Integration der Worte in den Satzkontext gebunden, sondern können auch allein durch die semantischen Beziehungen isolierter Worte zueinander ausgelöst werden.

Das Ziel weiterer Studien nun war es, einen eindeutigen Aufschluß über die Mechanismen, die eine Entstehung des N400-Effektes bewirken, zu erlangen. Ebenso wie bei der Betrachtung der der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Mechanismen wurde die Frage gestellt, ob die Entstehung des N400-Effektes auf eine automatische Aktivierungsausbreitung oder eher auf erwartungsinduzierte und kontrollierte Prozesse zurückgeführt werden kann. Wie bereits in Kapitel 2.1 für Verhaltensdaten ausführlich dargelegt, läßt auch das Auftreten der N400 in einem semantischen Bahnungsparadigma theoretisch beide Schlüsse zu. Obwohl sich nun auch die Untersuchung dieser Fragestellung mit den dort erwähnten, gleichen Problemen konfrontiert sehen muß, wurde ihr mit vergleichbaren Methoden nachgegangen (siehe Osterhout & Holcomb, 1995 und auch Deacon & Shelley-Tremblay, 2000 für eine diesbezügliche Übersicht).

Als erster Ansatz zur Ergründung der Grundlage des N400-Effektes sollen an dieser Stelle die selektiven Aufmerksamkeitsstudien genannt werden. In selektiven Aufmerksamkeitsstudien wird der Versuch unternommen, die aufmerksame Verarbeitung einiger Worte durch die Instruktion zu unterbinden (siehe auch Kapitel 2.1.3.1). In einem in derartige Studien integrierten Bahnungsparadigma können hierbei vier unterschiedliche Bedingungen definiert werden: Beide Worte, sowohl das Prime- als auch das Probewort sind aufmerksam beachtet (Bedingung AA: Prime aufmerksam beachtet, Probe aufmerksam beachtet) oder unbeachtet (Bedingung UU), nur das Primewort, nicht jedoch das Probewort ist aufmerksam beachtet (Bedingung AU) und nur das Probewort, nicht jedoch das Primewort ist aufmerksam beachtet (Bedingung UA). Es wurde bereits erwähnt (siehe Kapitel 2.1.3), daß zur Überprüfung der Frage, ob dem N400-Effekt eine automatische Aktivierungsausbreitung unterliegt, lediglich die Bedingungen UA und UU, in denen eine aufmerksame Verarbeitung des Primes verhindert worden sein sollte, in Frage kommen. Bei einer aufmerksamen Verarbeitung der Primes (Bedingungen AA und AU) wäre zwar bestenfalls eine automatische Wortaktivierung der Probes festzustellen (Bedingung AU), mögliche Bahnungseffekte ließen sich jedoch sowohl auf die automatische Aktivierungsausbreitung, jedoch gleichermaßen auch beispielsweise auf erwartungsbasierte Bahnungsmechanismen zurückführen.

In einer dichotischen Hörstudie, in der die Aufgabe der Probanden darin bestand, einige Nichtworte im aufmerksam beachteten Ohr zu entdecken, konnten Okita und Jibu (1998) eine N400 Amplitudenmodulation lediglich für die im aufmerksam zu beachtenden Ohr dargebotene Worte finden (Bedingung AA), nicht jedoch in dem Fall, in dem beide Worte im

ignorierten Ohr dargeboten wurden (Bedingung UU; für ähnliche Ergebnisse siehe auch Bentin, Kutas & Hillyard, 1995). Für die Bedingung AU ließ sich ein abgeschwächter N400-Effekt ausmachen. Kein Effekt wurde demgegenüber jedoch in der Bedingung UA beobachtet. Nachdem also nun festzustellen ist, daß die genannten dichotische Höraufgaben keinen Hinweis auf eine automatische Natur des N400-Effektes bieten, folgt nun die Betrachtung der Ergebnisse visuell selektiver Aufmerksamkeitsstudien.

Unter der Verwirklichung einer visuell-räumlichen Versuchsanordnung, in der die Probanden Kategorieexemplare entdecken sollten, stellten McCarthy und Nobre (1993) einen N400-Effekt lediglich in der Bedingung AA fest, wenn sich also sowohl Prime als auch Probe im beachteten visuellen Feld befanden. Kein Effekt hingegen ließ sich in der Bedingung UU finden (für einen Wiederholungsbahnungseffekt in dieser letzten Bedingung unter der Verwendung japanischer Worte siehe jedoch Yamagata, Yamaguchi & Kobayashi, 2000).

Eine Untersuchung des Einflusses der durch die Farbigkeit der Reize gesteuerten Aufmerksamkeit auf den semantischen Bahnungseffekt der N400 nahmen Otten, Rugg und Doyle (1993) und Kellenbach und Michie (1996) vor. Die Versuchspersonen der Studie erstgenannter Autoren führten eine lexikalische Entscheidung auf eine farbdefinierte Buchstabenkette bei der gleichzeitigen Darbietung zweier Buchstabenreize aus. Die Autoren manipulierten in ihrer Studie jedoch nicht die semantische Assoziation zwischen einem Prime und einem Probe, sondern nahmen lediglich eine Wortwiederholung vor (für einen Vergleich des N400-Effektes unter einer semantischen Bahnungsbedingung und einer Wortwiederholungsbedingung siehe Van Petten, Kutas, Kluender, Michiner & McIsaak, 1991). In der Bedingung UU machte sich kein N400-Effekt bemerkbar. Dieser war jedoch in der Bedingung AA vorhanden und ließ sich in abgeschwächter Form auch in den Bedingungen AU und UA finden. Die letztgenannte Autoren forderten von ihren Probanden in einem ersten Experiment ebenfalls eine lexikalische Entscheidungsaufgabe auf eine farbdefinierte Buchstabenkette. In einem zweiten Experiment realisierten sie eine go-nogo-Versuchsanordnung und ließen die Probanden nur noch auf die Nichtworte reagieren. In beiden Experimenten ließ sich kein N400-Effekt in der Bedingung UU feststellen. In der Bedingung AU trat ein im Vergleich zu der Bedingung AA abgeschwächter N400-Effekt auf und in dem ersten der Experimente ließ sich sogar ein schwacher N400-Effekt in der Bedingung UA ausmachen, der allerdings im zweiten Experiment nicht repliziert werden konnte. In einer Kombination der beiden oben dargestellten Studien und ebenfalls unter der Verwendung farbdefinierter Zielreize konnten Rolke, Heil und Wenning (2002) nun jedoch auch in der Bedingung UA einen N400-Effekt zeigen. Dieser trat auf, obwohl kein bahnender Reaktionszeiteffekt in der lexikalischen Entscheidungsaufgabe auf die Probereiz-Darbietung vorhanden war.

Nach den in Kapitel 2.1.3 dargelegten Überlegungen nicht unerwartet, erbrachten die unterschiedlichen selektiven Aufmerksamkeitsstudien bezüglich der Frage, ob der N400-Effekt durch eine automatische Aktivierungsausbreitung ausgelöst werden kann, eine uneinheitliche Ergebnislage. Nichtsdestotrotz bietet zumindest die letztgenannte Studie einen starken Hinweis auf die Bestätigung einer derartigen Annahme. Nachfolgend werden weitere

experimentelle Versuchsanordnungen, Maskierungsstudien und die resultierenden Ergebnisse vorgestellt.

Eine Manipulation der Aufgabenanforderung im Sinne einer Veränderung der Verarbeitungstiefe (*level of processing*, siehe Kapitel 2.1.2) zeigt eine Auswirkung auf das Auftreten des N400-Effektes. Diese Ergebnisse wurden zunächst als Beleg für die Notwendigkeit einer kontrollierten, semantischen Wortanalyse zur Entstehung des N400-Effektes angesehen, da bei einer alleinigen automatischen Wortanalyse ein N400-Effekt unter allen Verarbeitungsbedingungen hätte auftreten müssen.

Chwilla, Brown und Hagoort (1995) forderten von ihren Probanden einerseits eine lexikalische Entscheidungsaufgabe und andererseits eine physikalische Entscheidung über die Buchstabengröße (Groß- oder Kleinbuchstaben) der dargebotenen Worte. Die Autoren stellten unter Anwendung eines integrierten Bahnungsparadigmas einen N400-Effekt lediglich innerhalb der lexikalischen Entscheidungsaufgabe fest. Ähnliche Ergebnisse erzielten Deacon, Breton, Ritter und Vaughan (1991, siehe auch Bentin, Kutas & Hillyard, 1993 für vergleichbare Ergebnisse unter der Verwendung auditiv dargebotener Worte). Auch sie konnten eine Amplitudenmodulation der N400 in Abhängigkeit der semantischen Assoziation zwischen nacheinander dargebotenen Worten lediglich in einer semantischen Aufgabe, in der die Probanden von einer hauptsächlich vorkommenden Kategorie abweichende Worte entdecken sollten, messen. Den Schlußfolgerungen dieser Studien zufolge ist die Auslösung des N400-Effektes ursächlich mit der kontrollierten semantischen Analyse der Worte in Zusammenhang zu bringen.

Die Ergebnisse blieben jedoch nicht unwidersprochen. So wiesen Kutas & Hillyard (1989, siehe auch Holcomb, 1988) die Möglichkeit einer N400-Amplitudenmodulation in einer verzögerten Buchstaben-Suchaufgabe nach. Da ihre Probanden aufgefordert waren, lediglich eine Aussage über das Vorhandensein eines Zielbuchstabens in einem von zwei nacheinander folgenden Worten eines Wortpaares nach Beendigung der Wortdarbietungen anzugeben, hat wahrscheinlich in dieser Aufgabe eher keine kontrollierte Bedeutungsanalyse der Worte stattgefunden. Auch Besson et al. (1992) konnten in einer physikalischen Aufgabe, die von den Probanden eine Entscheidung über die Vokal-Konsonanten-Abfolge des Prime- und des Probewortes erforderte, einen N400-Effekt messen. Diese Daten scheinen nun wiederum die Möglichkeit des Entstehens des N400-Effektes lediglich aufgrund einer automatischen Aktivierungsausbreitung wahrscheinlich werden zu lassen. Gestützt wird diese Annahme auch durch die Ergebnisse der Studie von Sauk (2002, siehe auch Heil et al., 2002). Hier führten die Probanden eine Buchstabensuchaufgabe innerhalb des Prime- und des Probewortes aus. Obwohl sich auf der Ebene der Reaktionszeiten kein semantischer Bahnungseffekt abzeichnete, war dennoch eine Amplitudenmodulation der N400 in Abhängigkeit der semantischen Assoziationsstärke zwischen Prime und Probe vorhanden. Neben der Bestärkung der Möglichkeit, daß die automatische Aktivierungsausbreitung als ein für die Entstehung des N400-Effektes zugrundeliegender Mechanismus in Frage kommt, spricht dieses Ergebnis zusätzlich dafür, daß der elektrophysiologische N400-Effekt ein im

Vergleich zu den Reaktionszeiten sensitiveres Maß für eine semantische Verarbeitung darstellen könnte (diese Annahme wird durch die Ergebnisse von Rolke et al., 2002, ebenfalls untermauert, siehe auch oben).

In Anlehnung an die Überlegungen von Neely (1977; siehe Kapitel 2.1.2) wird als weitere Bestätigung der Möglichkeit einer Evozierung des N400-Effektes durch eine automatische Aktivierungsausbreitung das Auftreten des N400-Effektes bei einer kurzen SOA (*stimulus onset asynchrony*) angesehen (siehe Osterhout & Holcomb, 1995).

In einem, der Studie von Neely (1977) analog gestalteten Experiment wiesen so Deacon, Uhm, Ritter, Hewitt und Dynowska (1999) einen von der Instruktion unabhängigen N400-Effekt bei einer SOA von 200 Millisekunden nach. Ebenfalls unter der Verwendung der lexikalischen Entscheidungsaufgabe konnten Boddy (1986), Anderson und Holcomb (1995) und auch Hill, Strube, Roesch-Ely und Weisbrod (2002) einen N400-Effekt bis zu der geringsten von ihnen verwirklichten SOA von mindestens 200 oder sogar 150 Millisekunden finden. Obwohl die Interpretation der Ergebnisse der genannten Studien nach den in Kapitel 2.1.4 ausgeführten Argumentationen eher als fragwürdig einzustufen ist, wird hier eine automatische Aktivierungsausbreitung in der kurzen SOA als der den N400-Effekt verursachende Mechanismus angenommen. Einen eindeutigeren Hinweis für diese Vorstellung können Kiefer & Spitzer (2000) bieten. Die Autoren untersuchten den Zeitverlauf der bewußten und unbewußten semantischen Aktivierung mittels der Maskierung der Primeworte. Wie üblich (siehe Kapitel 2.1.3.2) war ihre Überlegung, durch die Maskierung der Primeworte die kontrollierten semantischen Verarbeitungsmechanismen auszuschließen und lediglich die automatische Aktivierungsausbreitung zuzulassen. Während bei einer SOA von 67 Millisekunden ein N400-Effekt sowohl in der unmaskierten als auch in der maskierten Bedingung vorhanden war, verschwand dieser bei einer längeren SOA von 200 Millisekunden in der maskierten Bedingung und verstärkte sich jedoch sogar in der unmaskierten Bedingung.

Mit diesem Ergebnis befinden sich die Autoren in starkem Widerspruch zu der einflußreichen Studie von Brown und Hagoort (1993). In dieser Untersuchung wurden ebenfalls die Primes maskiert und es war eine lexikalische Entscheidungsaufgabe auf die nachfolgenden Probeworte auszuführen. Obwohl nun eine Gruppe der Probanden einen semantischen Bahnungseffekt maskierter Primes in den Reaktionszeiten der lexikalischen Entscheidungsaufgabe zeigte, war innerhalb der gleichen Bedingung bei einer anderen Probandengruppe kein N400-Effekt meßbar. Diese Richtung der Dissoziation der Verhaltensdaten und der ereigniskorrelierten Potentiale veranlaßte nun die Autoren zu der Schlußfolgerung, die N400 könne nur durch kontrollierte, jedoch nicht durch automatische Prozesse ausgelöst werden, da deren Vorhandensein durch die Reaktionszeiteffekte belegt sei. An dieser Interpretation muß jedoch Kritik geübt werden, denn der postulierte Nachweis der automatischen Aktivierungsausbreitung basiert auf den Verhaltensmaßen einer der Probandengruppen, während das Ausbleiben des N400-Effektes in der anderen Probandengruppe beobachtet wurde. Aufgrund dieses Vergleichs der Effekte

unterschiedlicher Gruppen kann das Vorhandensein der automatischen Aktivierungsausbreitung in der zur Messung der N400 herangezogenen Gruppe nicht unbedingt als gegeben angesehen werden und die vorgenommene Schlußfolgerung ist nicht mehr zwingend.

Neuere Studien verdichten nun auch die Befundlage eher in die von Kiefer und Spitzer (2000) angenommene Richtung. So rechtfertigen Deacon, Hewitt, Yang und Nagata (2000) die oben geäußerte Kritik an der Interpretation der Ergebnisse Brown und Hagoorts (1993). Die Autoren fanden in einer Replikation der Studie, allerdings unter der Benutzung eines Meßwiederholungs-Designs nun auch in der maskierten Bahnungsbedingung einen N400-Effekt. Selbst unter der Verwirklichung der in Kapitel 2.1.4 geforderten, strengen und zufälligen Wahrnehmungsschwelle für die Maskierung konnten Stenberg, Lindgren, Johansson, Olsson und Rosén (2000) als auch Kiefer (2002) einen N400-Effekt für maskierte Primeworte nachweisen.

Zusammenfassend kann insbesondere aufgrund der neueren Ergebnisse davon ausgegangen werden, daß durch nicht identifizierbare Primes in Maskierungsstudien ein N400-Effekt ausgelöst werden kann. Da die strengen Kriterien für die Schwellenbestimmung in den meisten der genannten Maskierungsstudien als gegeben angesehen werden können, scheinen die Ergebnisse der ereigniskorrelierten Potentiale im Vergleich zu den doch sehr widersprüchlichen Befunden der Maskierungsstudien, die Bahnungseffekte auf der Ebene der Verhaltensmaße zu messen versuchten (siehe Kapitel 2.1.3.2), ein konsistenteres Bild zu ergeben. Nach diesem Gedanken weisen die oben berichteten Studien daher wiederum auf die Möglichkeit hin, daß die Erhebung der ereigniskorrelierten Potentiale nicht nur ein zusätzliches, sondern vielleicht auch ein sensitiveres Maß zur Analyse der semantischen Verarbeitung darstellt.

Die Ergebnisse der genannten Studien zusammenfassend kann folgende Einschätzung des N400-Effektes vorgenommen werden.

Bei dem N400-Effekt handelt es sich um einen modalitätsungebundenen und weitestgehend zweifelsfrei um einen spezifisch semantischen Effekt, der nur durch eine Analyse der Wortbedeutung erklärt werden kann. Die Befundlage hinsichtlich der Frage, ob der N400-Effekt automatische oder kontrollierte semantische Verarbeitungsmechanismen widerspiegelt, ist nicht eindeutig. In jüngerer Zeit jedoch wurde nachgewiesen, daß der N400-Effekt auch durch nicht identifizierbare und unaufmerksam verarbeitete Worte hervorgerufen werden kann. Diese Daten sprechen dafür, daß der N400-Effekt zwar durch kontrollierte semantische Prozesse ausgelöst werden kann, daß hierfür jedoch auch eine automatische Aktivierungsausbreitung allein ausreichend ist³.

³ Es ist natürlich an diesem Punkt zu bemerken, daß mit dem Vorhandensein des N400-Effektes in Studien, die eine bewußte/aufmerksame Verarbeitung der Primes ausschließen, der Nachweis einer automatischen semantischen Wortanalyse und einer automatischen Aktivierungsausbreitung als bereits erbracht angesehen werden könnte. Diesem Argument ist jedoch einerseits die geringe Anzahl dieser neuen Studien im Vergleich zu der Menge an widersprüchlichen oder gegenteiligen Befunden entgegenzuhalten. Weiterhin und insbesondere ist

In Ergänzung zu dieser Einschätzung soll an dieser Stelle auch festgehalten werden, daß der N400-Effekt in einigen Untersuchungen dissoziierbar von den Verhaltenseffekten auftrat. Diese Befunde legen die Vermutung nahe, daß der N400-Effekt ein sensitiveres Maß für eine automatische semantische Wortverarbeitung darstellt als Verhaltensmaße. Diese Eigenschaft macht die N400 für die in der vorliegenden Arbeit verfolgte Fragestellung der Beobachtung einer semantischen Analyse nicht berichtbarer Worte zu einer geeigneten, abhängigen Variable.

2.2.3 Die P300 - Erkennung eines relevanten Reizes?

Die P300 ist eine positive Komponente der ereigniskorrelierten Potentiale mit einer maximal parietalen Topographie und mit einer Latenz zum auslösenden Reiz von 300 – 800 Millisekunden. Obwohl die P300 ob ihrer Größe (5-20 μ V) eine sehr ausgeprägte Komponente darstellt und in einer Vielzahl von Studien die Beeinflussbarkeit ihrer Amplitude durch unterschiedlichste experimentelle Manipulationen deutlich wurde (eine umfassende Darstellung aller verfolgten Manipulationen und deren Ergebnisse würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen, hier sei auf die Übersichtsarbeiten von beispielsweise Donchin, 1981; Donchin & Coles, 1988; Johnson, 1986; Pritchard, 1981 oder auch Coles, Smid, Scheffers & Otten, 1995 verwiesen), hält die Debatte über die ihr zugrundeliegenden Mechanismen noch immer an. Nachdem einige der experimentellen Befunde berichtet wurden, wird anschließend eine Einschätzung der der P300 zugrundeliegenden Prozesse vorgenommen.

Zunächst stellten Sutton, Braren, Zubin und John (1965) einen Amplitudenunterschied der ereigniskorrelierten Potentiale in Abhängigkeit von der Sicherheit, mit der die Darbietung einer Reizpräsentation eingeschätzt werden konnte, fest. Die Autoren boten ihren Probanden einen aus einem Hinweisreiz und einem Testreiz bestehendes Reizpaar dar, wobei der Testreiz entweder ein auditiver Klickreiz oder ein Lichtreiz war. In manchen der Reizpaare wurde der Hinweisreiz immer von einem definierten Testreiz gefolgt, in anderen Reizpaaren jedoch war die Modalität des Testreizes für die Probanden nicht vorhersehbar. Festzustellen war nun eine Unterschiedlichkeit der Amplituden der ereigniskorrelierten Potentiale im Zeitbereich 300 Millisekunden nach der Darbietung des Testreizes in Abhängigkeit von dessen Vorhersehbarkeit: Unvorhersehbare Reize riefen eine positivere Amplitude hervor als vorhersehbare Reize. In einer weiteren Studie konnte festgestellt werden, daß auch das Nicht-Auftreten eines Reizes, wenn es informativ ist und beispielsweise eine Entscheidung über einen einzelnen oder einen doppelten Reiz möglich macht, eine verstärkte P300 auslösen kann (Sutton, Tueting, Zubin & John, 1967).

anzufügen, daß die wenigen genannten Studien zwar dem objektiven Kriterium der 50% Erkennungsschwelle für die maskierten Reize genügen, jedoch die verbleibenden, von Holender (1987) und anderen Autoren als erforderlich erachteten Kriterien zum Nachweis der tatsächlich unbewußten Reizverarbeitung (siehe Kapitel 2.1.4) nicht als erfüllt angesehen werden können.

Unter der Benutzung des sogenannten Oddball-Paradigmas, in dem einige Reize seltener, andere häufiger dargeboten werden, zeigten eine Reihe von Autoren (siehe Squires, Donchin, Herning & McCarthy, 1977; Friedman, Hakerem, Sutton & Fleiss, 1973; Duncan-Johnson und Donchin, 1977), daß die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens eines Reizes ebenfalls einen großen Einfluß auf die Amplitude der P300 ausübt. Es stellte sich heraus, daß seltenere Reize eine positivere P300 evozieren als häufigere Reize. Allerdings ist dieses Ergebnis nicht als uneingeschränkt allgemeingültig anzusehen. So bemerkten Courchesne, Hillyard und Courchesne (1977) keinen Unterschied der ereigniskorrelierten Potentiale zwischen in 10 % der Fälle vorkommenden „B“ und ebenfalls in 10 % der Fälle vorkommenden, verschiedenen Buchstaben, obwohl sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der individuellen Buchstaben unterschied. Die Interpretation der Autoren geht dahin, daß von den Probanden offensichtlich subjektive Buchstabenkategorien gebildet wurden und sich in der Ausprägung der P300 eher die Wahrscheinlichkeit dieser *subjektiven* Reizkategorien abbildet. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse von Johnson und Donchin (1980) gestützt. Aufgabe der Probanden dieser Studie war das Zählen eines definierten Zieltones einerseits in einer Menge von insgesamt drei, gleichhäufigen Tönen und andererseits in einer Menge von lediglich zwei Tönen, wobei der Zielreiz in einem Drittel der Fälle dargeboten wurde. Obwohl nun die Vorkommenswahrscheinlichkeit der nicht gezählten Reize zwischen diesen beiden Bedingungen variierte, riefen auch sie die identischen Kurvenverläufe hervor.

Zusätzlich zu diesen Ergebnissen ist eine stärkere Positivierung der P300 in Abhängigkeit des subjektiven Wertes der Reize zu bemerken. So ist die Amplitude der P300 stärker ausgeprägt für Zielreize als für Nicht-Zielreize (Duncan-Johnson & Donchin, 1977; Smith, Donchin, Cohen & Starr, 1970; Squires et al., 1977) und ebenso für stärker belohnte Reize als für schwächer belohnte Reize (Hömborg, Grünwald & Grünwald-Zuberbier, 1980, 1981; Begleiter, Porjesz, Chou & Aunon, 1983).

Die oben genannten Ergebnisse machen die Ausprägungsstärke der P300-Amplitude in Abhängigkeit der Sicherheit des Auftretens eines Reizes, der subjektiven Wahrscheinlichkeit (Erwartung) der Reize (beziehungsweise Reizkategorien) und aufgrund der Bedeutung der Reize im Aufgabenkontext deutlich. Da erst nach der Reizverarbeitung und einer Bedeutungsanalyse der Reize eine derartige Sensitivität auftreten kann, wurde angenommen, die P300 spiegele den Abschluß der Reizverarbeitung (*stimulus evaluation time*) wider. Diese Überlegungen werden gestützt durch die Untersuchungen der Latenz der P300 vom auslösenden Reiz. Obwohl in der vorliegenden Arbeit lediglich eine Betrachtung der Amplitude dieses Potentials erfolgt, sind die Studien der mentalen Chronometrie, die unter anderem eine Untersuchung der P300-Latenz vornehmen, von Bedeutung für die Einschätzung der der P300 zugrundeliegenden Prozesse. Es soll aus diesem Grund hier kurz auf diese Studien und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen eingegangen werden.

Kutas, McCarthy und Donchin (1977) boten ihren Probanden in drei unterschiedlichen Bedingungen und unter unterschiedlichen Instruktionen Worte dar. Hierbei sollte entweder

das in 20 % der Fälle dargebotene Wort „Nancy“ unter dem in 80 % der Fälle erscheinenden Wort „David“, die in 20 % der Fälle dargebotenen Frauennamen unter den verbleibenden 80 % Männernamen oder die in 20 % der Fälle dargebotenen Synonyme eines Wortes unter anderen Worten gezählt werden oder es sollte ein Wahlreaktionsaufgabe ausgeführt werden. Es wurde zusätzlich einerseits die Richtigkeit der Reaktion (*accuracy instruction*), andererseits die Wichtigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit betont (*speed instruction*). Die Amplitude der P300 variierte nun mit der Art der Reize und auch mit der Instruktion. Nach der Berechnung der Korrelation zwischen der P300-Latenz und den Reaktionszeiten in den beiden Wahlreaktions-Aufgaben bemerkten die Autoren einen stärkeren Zusammenhang der P300-Latenz mit den Reaktionszeiten der Richtigkeitsinstruktion im Vergleich zu der Bedingung der Geschwindigkeitsinstruktion. Aufgrund dieser Ergebnisse kommen die Autoren zu der Einschätzung, daß die P300 mit der Reizanalyse in Zusammenhang zu bringen ist (siehe auch Coles, Gratton, Bashore, Eriksen & Donchin, 1985). McCarthy und Donchin (1981) manipulierten nun in einer späteren Studie die Reizunterscheidbarkeit zu einem umgebenden Hintergrund und die Reiz-Reaktionskompatibilität. Da sich die Reaktionszeiten sowohl durch die Reizunterscheidbarkeit als auch durch die Reiz-Reaktionskompatibilität beeinflußbar zeigten, die P300-Latenz sich jedoch lediglich durch die Reizunterscheidbarkeit verschob, kommen die Autoren zu der Schlußfolgerung, daß die P300-Latenz unabhängig von der Reaktionsauswahl zu sein scheint. Diese Einschätzung der P300 wird durch eine Vielzahl weiterer Studien gestützt (siehe Magliero, Bashore, Coles & Donchin, 1984; Ragot, 1984; Smid, Mulder, Mulder & Brands, 1992; De Jong, Wierda, Mulder & Mulder, 1988), ist jedoch nicht unwidersprochen geblieben (siehe Verleger, 1997).

Ein weiterer Untersuchungsansatz zur Aufklärung der durch die P300 widerspiegelten Prozesse wurde mittels geteilter Aufmerksamkeitsstudien (*divided attention*) verfolgt. Unter der Annahme, die Kapazität der Aufmerksamkeit sei beschränkt, sollte für die Verarbeitung eines Zielreizes bei der gleichzeitigen Ausführung einer weiteren Aufgabe eine geringere Kapazität zur Verfügung stehen. Nach den oben dargelegten Ergebnissen ist es als wahrscheinlich anzusehen, daß die P300 mit der Reizverarbeitung in Zusammenhang steht. Demnach könnte angenommen werden, daß sich eine verminderte Aufmerksamkeitskapazität auch in der Amplitude der P300 wiederfinden lassen sollte (für eine Übersicht der Literatur bezüglich dieser Überlegung siehe Kok, 2001).

Ein Hinweis auf diese Annahme bietet die geringere P300-Amplitude bei höherer Gedächtnisbelastung in Sternberg-Aufgaben (Strayer & Kramer, 1990; Okita, Wijers, Mulder & Mulder, 1985; Mecklinger, Kramer & Strayer, 1992) und ebenso die geringere P300-Amplitude bei einer größeren Anzahl von Distraktoren in einer visuellen Suchaufgabe (Hoffman, Simons, & Houck, 1983; Wijers, Okita, Mulder, Lorist, Poiesz & Scheffers, 1987; siehe allerdings Luck & Hillyard, 1990 für gegenteilige Befunde). In einer neueren Studie nun können Watter, Geffen und Geffen (2001) ebenso eine Abhängigkeit der P300-Amplitude von den Aufgabenanforderungen zeigen. Sie verwirklichten eine Zurückerinnerungs-Aufgabe (*n-back task*) und forderten von ihren Probanden per Tastendruck eine Entscheidung darüber,

ob die aktuelle Zielreizposition entweder der des direkt vorangehend oder der eines weiter vorangehend dargebotenen Zielreizes (0, 1, 2, oder 3 serielle Positionen zurück) entspricht. Es wird davon ausgegangen, daß in derartigen Aufgaben mit zunehmender Anzahl der zurückzuerinnernden Positionen die Arbeitsgedächtnisbelastung ansteigt. Im Sinne eines Kapazitätsmodells würden mit dieser Manipulation auch die für die individuelle Reizverarbeitung zur Verfügung stehende Aufmerksamkeitskapazität abnehmen. Tatsächlich konnten die Autoren nun auch eine P300-Amplitudenmodulation in Abhängigkeit der experimentellen Manipulation feststellen: Die P300-Amplitude verringerte sich mit der angenommenen, erhöhten Arbeitsgedächtnisbelastung.

Eine direkte Manipulation der Arbeitsbelastung (*work load*) nahmen Israel, Chesny, Wickens und Donchin (1980, siehe auch Israel, Wickens & Donchin, 1979) vor. Sie verwirklichten eine Doppelaufgabe und forderten von ihren Probanden zusätzlich zu dem Zählen seltener Töne eine visuell-motorische Trackingaufgabe. Die Autoren konnten feststellen, daß sich mit der zusätzlichen Aufgabe die von den Tönen evozierte P300-Amplitude verringerte.

Die oben dargestellten Ergebnisse sind zwar aufgrund der unterschiedlichen experimentellen Paradigmen schwer vergleichbar, dennoch können sie als Hinweis auf eine Beeinflussbarkeit der P300-Amplitude aufgrund der Schwierigkeit der Aufgabenanforderungen angesehen werden. In der Interpretation der Ergebnisse scheint sich demnach eine verringerte, verfügbare Aufmerksamkeitskapazität in einer verringerten P300-Amplitude widerzuspiegeln.

Eine weitere Charakterisierung der P300 wurde in Zusammenhang mit Überlegungen zu der Gedächtnisbildung vorgenommen.

Welche der vielen, Menschen und Tiere umgebenden Umweltreize können im Gedächtnis gespeichert und erinnert werden? Bestimmt nehmen Reize, die erinnert werden sollen und insofern für den Organismus bedeutsam sind, hier eine führende Position ein. Nach den oben dargelegten Experimenten wird deutlich, daß eben für zu beachtende und bedeutungsvolle Reize eine verstärkte P300 zu verzeichnen ist. Verhindert eine unzureichende Verarbeitungskapazität beispielsweise in Doppelaufgaben die vollständige Aufmerksamkeitszuwendung auf diese relevanten Reize oder muß die Verarbeitungskapazität zwischen mehreren Reizen aufgeteilt werden, findet sich eine Verringerung der P300. Diese Überlegungen veranlaßten so auch Donchin (1981) zu der Annahme, die P300 spiegele eine Aktualisierung des Arbeitsgedächtnisinhaltes (*updating of working memory*) wider.

Eine Überprüfung des Zusammenhangs der P300 mit vorhandenen Gedächtnisinhalten erfolgte in den Studien von Karis, Fabiani und Donchin (1984) und Fabiani, Karis und Donchin (1986). Die Autoren konnten während der ersten Darbietung der Worte eine verstärkte P300 für später erinnerbare Worte im Vergleich zu später nicht erinnerbaren Worten feststellen. Dieser als Dm-Effekt (*difference based on subsequent memory performance*) bezeichnete Amplitudenunterschied der ereigniskorrelierten Potentiale tritt nicht

nur unter intentionalen Lernbedingungen auf, er läßt sich auch in inzidentiellen Paradigmen nachweisen (Neville, Kutas, Chesney & Schmidt, 1986; Paller, Kutas & Mayes, 1987). In letztgenannten Versuchsanordnungen wird den Probanden der später erfolgende Gedächtnistest verschwiegen und sie werden zunächst zur Ausführung einer irrelevanten Aufgabe aufgefordert. So forderte Paller (1990) seine Probanden in dem ersten Versuchsabschnitt lediglich auf, auf gelegentlich auftauchende Worte in der Zielwortfarbe zu achten, die Worte in der anderen Farbe jedoch zu ignorieren. Im zweiten Versuchsabschnitt sollten die Probanden die Worte nun entweder explizit erinnern oder es wurde von ihnen eine implizite Wortstammergänzungsaufgabe verlangt. Der Autor stellte einen Zusammenhang der Amplitude der P300 während der Listendarbietung im ersten Versuchsabschnitt lediglich für die explizite Abrufbedingung, nicht jedoch für die implizite Wortstammernergänzungsaufgabe fest. Seiner Einschätzung zufolge spiegelt der Dm-Effekt demnach Verarbeitungsunterschiede zwischen den einzelnen Worten wider, die jedoch nur bei dem späteren, expliziten Gedächtnisabruf Bedeutsamkeit erlangen.

All die genannten Ergebnisse zur P300 zusammenfassend ergibt sich nun folgendes Bild: Die P300 ist modalitätsunspezifisch und steht mit einer vollständigen Reizanalyse, jedoch nicht mit motorischen Verarbeitungsprozessen in Verbindung. Sie tritt verstärkt für unerwartete und bedeutsame Reize auf und ihre Amplitude scheint einen Zusammenhang zu der expliziten Erinnerbarkeit der Reize zu besitzen.

Diese Ergebnisse scheinen die Vorstellung Donchins (1981) zu bestätigen (siehe allerdings Verleger, 1988). Der Autor vermutet in der P300 ein elektrophysiologisches Zeichen der Aktualisierung von Arbeitsgedächtnisinhalten. Nach den Befunden der Doppelaufgaben würde sich die Rolle der Aufmerksamkeit in einer Verstärkung der Prozesse zeigen, die eine bessere explizite Verfügbarkeit der Reize mit sich bringen. In diesem Sinn würde eine durch die Abwesenheit der Aufmerksamkeit verursachte, verringerte P300 oder deren gänzliche Abwesenheit auf eine unvollständige Reizverarbeitung und auf die Nichtüberführung in das Arbeitsgedächtnis hindeuten. Es ist dementsprechend anzunehmen, daß die Erhebung der P300 eine Einschätzung der aktuellen Reizverarbeitung ermöglicht und sie somit als das in Kapitel 2.1.4 geforderte „Online-Maß“ der Informationsverarbeitung angesehen werden kann.

2.3 *attentional blink*

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Einschätzung über die Möglichkeit einer semantischen Analyse von Worten, die unaufmerksam verarbeitet wurden, zu erlangen.

Im Unterschied zu den in diesem Zusammenhang in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen selektiven Aufmerksamkeitsstudien, die sich mit der räumlich orientierten Aufmerksamkeit befassen, und zu Maskierungsstudien, in denen eine direkte Manipulation der Erkennungswahrscheinlichkeit der Worte stattfindet, soll diesem Ziel in der vorliegenden Arbeit anhand der schnellen Reizdarbietungsaufgabe nachgegangen werden.

Das nächsten Kapitel befaßt sich zunächst mit der Beschreibung dieses relative neuen experimentellen Paradigmas und geht kurz auf darin auftretende Verarbeitungsfehler und die angenommenen Verarbeitungsmechanismen unter der besonderen Bedingung der schnellen Reizdarbietung ein. Im Schwerpunkt dieses Kapitels erfolgt eine Darstellung eines weiteren, in der schnellen Reizdarbietung auftretenden Verarbeitungsdefizits, das eine direkte Einschätzung der Rolle der Aufmerksamkeit bei der Informationsverarbeitung schnell erscheinender Reize bietet und deren Entdeckung zu der Formulierung des *attentional blink* führte.

2.3.1 Schnelle Reizdarbietungsaufgabe

Im Vergleich zu visuellen Suchaufgaben, bei denen die visuell-räumlichen Mechanismen von Aufmerksamkeitsprozessen untersucht werden können (vgl. z.B. Duncan & Humphreys, 1989), bietet sich durch die schnelle visuelle Darbietung von Reizen an einer räumlichen Position eine Einschätzung der zeitlichen Eigenschaften von Perzeptions- und Aufmerksamkeitsprozessen an.

Unter schnellen, visuellen Reizdarbietungsaufgaben (*rapid serial visual presentation task*, RSVPT) wird die schnelle Darbietung von Reizen an dem gleichen Ort mit einer Präsentationsrate der Reize von 6-20 Reizen pro Sekunde (6-20 Hz) verstanden. Bei solchen Aufgaben kommt es zu Verarbeitungsfehlern, welche auf eine beschränkte zeitliche Verarbeitungskapazität des informationsverarbeitenden Systems zurückgeführt werden. In einer Vielzahl von Untersuchungen wurde versucht, durch eine Analyse dieser auftretenden Verarbeitungsfehler einen Aufschluß über die Mechanismen der Informationsverarbeitung zu gewinnen. So stellt sich unter anderem die Frage, ob diese Verarbeitungsfehler als Resultat einer alleinigen Überforderung des perzeptuellen Systems anzusehen sind oder ob höhere kognitive Funktionen ebenfalls am Zustandekommen dieser Fehler beteiligt sind. Hier schließt sich die Frage an, welche Verarbeitungsschritte in der Informationsverarbeitungsreihe möglicherweise beeinträchtigt sind. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit nun wird die Frage verfolgt, ob insbesondere die semantische Wortanalyse aufgrund der Verarbeitungsdefizite verhindert wird.

Soll innerhalb einer Menge schnell dargebotener, nicht relevanter Distraktorreize ein einziger Reiz, der ein von den Distraktorreizen abweichendes Merkmal besitzt, berichtet werden, so kann es zu Verwechslungen des Zielreizes mit den Distraktorreizen kommen (Verwechslungsfehler, *intrusion errors* oder illusionären Verknüpfungen, *illusory conjunctions*, siehe z.B. Treisman & Schmidt, 1982; Gathercole & Broadbent, 1984; Lawrence, 1971; McLean, Broadbent & Broadbent, 1982; Botella & Eriksen, 1991; 1992; Botella, Garcia & Barriopedro, 1992; Kikuchi, 1996). Wird der gleiche Reiz ein zweites Mal 200-700 Millisekunden nach seiner ersten Darbietung wiederholt, so wird die zweite Darbietung von den Probanden in einer späteren Abfrage nicht benannt beziehungsweise der Gedächtnisabruf für einen identischen, wiederholten Reiz ist schlechter als der

Gedächtnisabruf für einen nicht wiederholten Reiz (Wiederholungsblindheit, *repetition blindness*, siehe Kanwisher, 1987; Kanwisher & Potter, 1989, 1990; Mozer, 1983; Bavelier & Potter, 1992; Park & Kanwisher, 1994).

Werden die Probanden weiterhin instruiert, zusätzlich zu einem ersten Zielreiz die drei dem Zielreiz folgenden Zahlen innerhalb einer schnellen Reizdarbietungsabfolge zu berichten (Reeves & Sperling, 1986; Weichselgartner & Sperling, 1987; vgl. auch Experiment 1 in Raymond, Shapiro & Arnell, 1992), so stellt sich heraus, daß nicht die tatsächlich nach dem Zielreiz folgenden drei Zahlen, sondern die erste dem Zielreiz folgende Zahl und dann erst die dem Zielreiz mit einem Zeitintervall von 300-400 Millisekunden folgenden Zahlen berichtet werden. Es kommt demnach zu einem Verarbeitungsdefizit derjenigen Reize, die sich innerhalb eines definierten Zeitintervalls nach der Darbietung eines ersten Zielreizes befinden. Während dieses Zeitintervalls ist es offensichtlich nicht möglich, die Zahlen so zu verarbeiten, daß diese später berichten werden können.

Die Interpretation des Entstehens der kurz beschriebenen Verarbeitungsfehler innerhalb der schnellen Reizdarbietung kann in Zusammenhang mit den Überlegungen einer Verweildauer der Aufmerksamkeit (*attentional dwell time*, siehe Duncan, Ward & Shapiro, 1994 und Ward, Duncan & Shapiro, 1996) gebracht werden. Die Autoren stellten in Einklang mit den oben berichteten Ergebnissen eine mehrere Hundert Millisekunden andauernde Interferenzwirkung eines ersten Zielreizes auf einen in variablem Zeitabstand (variable SOA) dargebotenen zweiten Zielreiz fest. Sie schlußfolgern aus ihren Ergebnissen, daß die Identifikation eines Objektes die Aufmerksamkeit für diese direkt gemessene Zeitspanne beansprucht. Verarbeitungsfehler entstünden nach dieser Vorstellung innerhalb der schnellen Reizdarbietung, weil es zu einer zeitlichen Überforderung der Aufmerksamkeit kommt und ein Zielreiz in die bereits durch die Verarbeitung eines anderen Reizes besetzte Zeitspanne fällt: Die zur richtigen Erkennung und Speicherung eines Reizes notwendige, aufmerksame Verarbeitung muß nun unterbleiben. Hierdurch verursacht kommt es lediglich zur aufmerksamkeitsunabhängigen Verarbeitung einzelner, präattentiv erfaßbarer Reizmerkmale. Diese können nun fälschlicherweise kombiniert und im Fall der Verwechslungsfehler als nicht in der Reizabfolge vorhandene Zielreize berichtet werden oder gehen im Fall der Wiederholungsblindheit als nicht individualisierte Reizeigenschaft „Kategoriebeispiel“ (*token*) in der Reizeigenschaft „Kategorie“ (*type*) unter (für eine ausführliche Erklärung der Wiederholungsblindheit siehe Kanwisher, 1987).

2.3.2 Ein Aufmerksamkeitsdefizit: *attentional blink*

In der vorangegangenen Ausführung wurden in der schnellen Reizdarbietungsaufgabe auftretende Verarbeitungsfehler berichtet und eine Erklärung ihrer Entstehung aufgrund einer aktuellen Modellvorstellungen vorgenommen. Nach diesem Modell wird als Voraussetzung für die richtige Kombination von Reizeigenschaften und somit der richtigen Erkennung von Reizen innerhalb der schnellen Reizdarbietungsaufgabe eine mehrere hundert Millisekunden

andauernde, aufmerksame Reizverarbeitung angenommen. Somit wird die Ursache der Verarbeitungsfehler theoretisch auf die mangelnde zur Verfügung stehende Aufmerksamkeit zurückgeführt.

Der Nachweis des tatsächlichen Beitrags der Aufmerksamkeit an einem ebenfalls in der schnellen Reizdarbietung auftretenden Verarbeitungsdefizit wurde durch die Einführung einer Kontrollbedingung in nachfolgenden Studien möglich. Aufgrund der resultierenden Ergebnisse wurde das Verarbeitungsdefizit als *attentional blink* bezeichnet.

2.3.2.1 Ein Inhibitionsmodell des *attentional blink*

Um eine genaue Einschätzung der Dauer des in der schnellen Reizdarbietung auftretenden Verarbeitungsdefizits zu bekommen, variierten zunächst Broadbent und Broadbent (1987) den Zeitabstand zwischen der Darbietung eines ersten Zielwortes und eines zweiten Zielwortes innerhalb einer schnell dargebotenen (Darbietungsdauer der Worte 80 Millisekunden bzw. 120 Millisekunden) Menge von Distraktorworten. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die beiden Zielworte nach der Darbietung der Wortabfolge anzugeben. Neben einer wesentlich besseren Leistung für das erste Zielwort stellten die Autoren eine Abhängigkeit der Leistung für das zweite Zielwort von dem Zeitabstand zwischen den beiden Zielworten fest: Während es zu einer schlechteren Leistung für das zweite Zielwort kam, wenn das Zeitintervall zwischen den beiden Worten geringer als 500 Millisekunden war, war dessen Leistung außerhalb dieses Zeitintervalls mit dem des ersten Zielwortes vergleichbar. Die Leistung des ersten Zielwortes war nicht von dem Zeitabstand zwischen den beiden Worten beeinträchtigt.

Aus ihren Ergebnissen schlußfolgerten die Autoren, daß das Im-Gedächtnis-Behalten des ersten Zielwortes nicht die Ursache des Verarbeitungsdefizits für das zweite Zielwort sein kann, da sich das Defizit dann auch auf längere Zeitintervalle hätte ausdehnen müssen. Da das Defizit jedoch für den zweiten Reiz besonders ausgeprägt war, wenn der erste Reiz komplett und richtig verarbeitet wurde, ist ihrer Ansicht nach davon auszugehen, daß es durch die Verarbeitung des ersten Reizes verursacht wird. Diese Interpretation steht im Einklang mit der oben beschriebenen Annahme einer Verweildauer der Aufmerksamkeit (Duncan et al., 1994).

Einen starken Hinweis jedoch darauf, daß es sich bei der Beeinträchtigung der Leistung für einen zweiten Zielreiz tatsächlich um ein *Aufmerksamkeitsdefizit* handelt, lieferten Raymond et al. (1992), welche dann auch nachhaltig den Begriff des „*attentional blink*“ prägten.

Neben der Übernahme der Variation des Abstandes zwischen zwei Zielreizen, welche weiterhin eine Einschätzung der Dauer des Verarbeitungsdefizits erlaubte, führten die Autoren eine Kontrollbedingung ein. Während die Probanden in der Experimentalbedingung einen weißen Buchstaben (erster Zielreiz, die Begriffe Zielreiz oder Target werden nachfolgend synonym verwendet) in einer Abfolge schwarzer Buchstaben identifizieren und zusätzlich Auskunft über das Vorhandensein eines nachfolgenden, zweiten Zielreizes (schwarzer Buchstabe X) geben sollten, ignorierten sie den weißen Buchstaben in der

Kontrollbedingung. Ihre Aufgabe bestand hier also in einer einfachen Entscheidung über die Anwesenheit des zweiten Zielreizes. Die relativ eindeutigen Ergebnisse des Experiments sind exemplarisch in Abbildung 1 (nächste Seite) zu sehen.

Unabhängig von dem Zeitintervall zwischen der Darbietung des weißen Buchstaben und der Darbietung des zweiten Zielreizes lag die richtige Entdeckung des zweiten Zielreizes in der Kontrollbedingung bei 85 %. In der Experimentalbedingung kam es nach der richtigen Erkennung des weißen Buchstaben im Intervall 180 bis 450 Millisekunden nach dessen Darbietung zu einem Defizit (unter 60 % Erkennung) in der richtigen Entdeckung des zweiten Zielreizes. Erst außerhalb dieses Zeitintervalls gab es kein Erkennungsdefizit mehr und die prozentuale richtige Erkennung des zweiten Zielreizes entsprach der der Kontrollbedingung. Da sich jedoch die Reizsequenzen in der Experimental- und der Kontrollbedingung entsprachen und somit die perzeptuellen Eindrücke identisch waren, können die Autoren eine einfache perzeptuelle Ursache für das Erkennungsdefizit ausschließen.

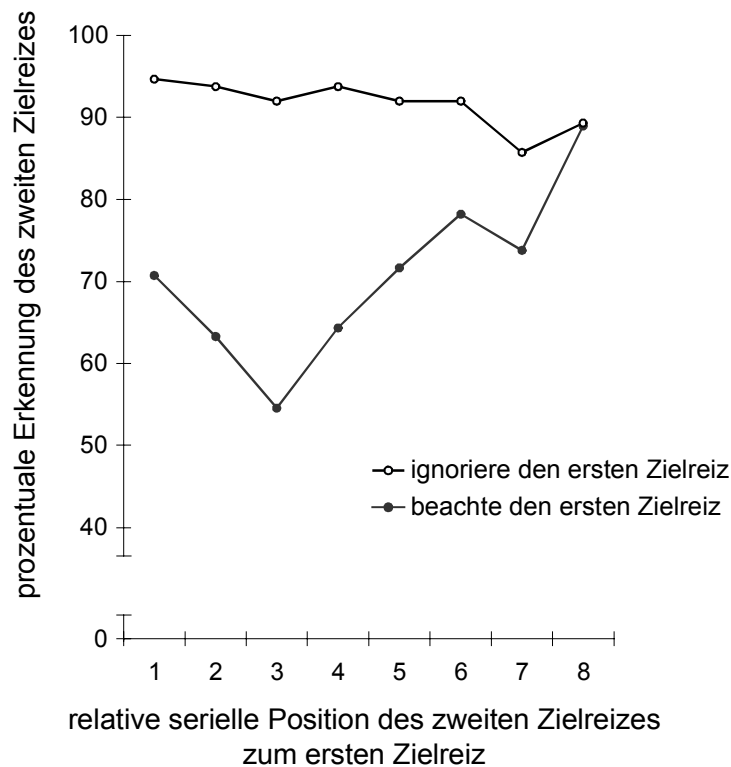


Abbildung 1. Darstellung der Ergebnisse der Erkennung eines zweiten Zielreizes bei gegebener richtiger Erkennung des ersten Zielreizes. Die Darbietungsrate der Reize betrug 14 Hz, die Darbietungsdauer eines Reizes 70 Millisekunden (unveröffentlichte, eigene Daten).

Zusätzlich zu diesem Ergebnis wird die denkbare Möglichkeit, es handle sich bei dem *attentional blink* um einen puren Gedächtnisverlusteffekt für den zweiten Zielreiz in dieser Versuchsanordnung unwahrscheinlich. Der zweite Zielreiz der Studie (Buchstabe X) war ein

vordefinierter Reiz, dessen Identität nicht durch einen kapazitätsabhängigen Prozeß in eine stabilere Repräsentation überführt werden muß. Da dieser Verarbeitungsschritt in der Versuchsanordnung demzufolge wegfällt, kann er auch nicht für das Erkennungsdefizit verantwortlich sein. Aufgrund dieser Überlegungen meinen die Autoren, daß das Erkennungsdefizit für den zweiten Zielreiz auf einer relativ frühen Verarbeitungsstufe stattfinden muß. Die Ergebnisse der Kontrollbedingung lassen sie als Ursache der eingeschränkten Erkennung des zweiten Zielreizes ein Aufmerksamkeitsdefizit vermuten. In Analogie zu einem Augenzwinkern, das den visuellen Reizfluß für kurze Zeit unterbricht, nehmen die Autoren ein Aufmerksamkeitszwinkern (*attentional blink*) an, das für ein kurzes Zeitintervall nach der Darbietung eines zu verarbeitenden Reizes die aufmerksame Verarbeitung eines zweiten Reizes unterbindet.

In einem weiteren Experiment (Raymond et al., 1992) konnten die Autoren zeigen, daß der *attentional blink* durch die Interferenz eines dem ersten Zielreiz nachfolgenden Distraktorreizes verursacht wird. Wurde kurz nach Darbietung des ersten Zielreizes kein weiterer Reiz dargeboten und die Reizabfolge somit durch ein Leerzeichen unterbrochen, kam es zu keinem Verarbeitungsdefizit für einen zweiten Zielreiz.

Ihre Ergebnisse zusammenfassend formulierten die Autoren ein erstes Modell des *attentional blink*. Demnach kommt es durch die voraufmerksame Entdeckung der Zielfarbe des ersten Targets zwecks einer vollständigen Identifizierung und der Anlegung einer beständigen Repräsentation dieses Targets zu einer Aufmerksamkeitszuwendung. Wird direkt nach dem ersten Target ein zweiter Reiz dargeboten, und die aufmerksame Verarbeitung des ersten hält noch an, dann kommt es gleichzeitig zu einer Verarbeitung der Reizmerkmale des zweiten Reizes. Aufgrund dieser Mitverarbeitung des zweiten Reizes wird dieser, wenn er einen Zielreiz darstellt, gut erkannt und ist noch nicht vom *attentional blink* betroffen. Die vom informationsverarbeitenden System bemerkte Interferenz des nachfolgenden Reizes jedoch ist verantwortlich für die Auslösung einer Hemmung der Verarbeitung weiterer visueller Reize. Diese Hemmung der Verarbeitung äußert sich dann in einem Verarbeitungsdefizit der nachfolgenden Reize, dem *attentional blink*.

Den Annahmen dieses ersten Modells zufolge wirkt der *attentional blink* auf einer relativ frühen Verarbeitungsstufe (*early selection*, siehe z.B. Broadbent, 1958) und verhindert weitgehend eine Verarbeitung von weiteren, in dem kritischen Zeitintervall dargebotenen Reizen. Sollte diese Modellvorstellung des *attentional blink* zutreffend sein, muß eine semantische Analyse der aufgrund des Verarbeitungsdefizits verlorengegangenen Reize als sehr unwahrscheinlich angesehen werden.

In einer Reihe von weiteren Studien und mit Hilfe weiterer Ergebnisse wurde nun dieses erste Modell des *attentional blink* zunächst modifiziert und dann verworfen. Eine wichtige Rolle bei der Suche nach den möglichen Ursachen des *attentional blink* spielt die Frage nach der Art und dem Ort der Interferenz und damit die Frage, welche Verarbeitungsschritte im *attentional blink* ablaufen können. Im Folgenden werden die wichtigsten der Ergebnisse und

die daraus resultierenden veränderten und neuen Modellvorstellungen zusammenfassend dargestellt.

2.3.2.2 Ein Interferenzmodell des *attentional blink*

Um der Frage nachzugehen, unter welchen spezifischen Umständen der *attentional blink* ausgelöst wird und welche Rolle die Schwierigkeit der Erkennung des ersten Zielreizes hierbei spielt, führten Shapiro, Raymond und Arnell (1994) eine Reihe weiterer Experimente durch. Sie behielten die Aufgabenstellung der vorangegangenen Experimente weitestgehend bei und instruierten die Probanden, auf zwei definierte Zielreize in der schnellen Reizdarbietung zu achten und eine die Zielreize betreffende Reaktion nach der Reizabfolge abzugeben. Eine Manipulation wurde bezüglich der Art des ersten Zielreizes vorgenommen. Die Ergebnisse zeigen, daß weder die Menge der möglichen ersten Zielreize (25 mögliche erste Zielbuchstaben im Vergleich zu nur drei möglichen ersten Zielbuchstaben der Studien in Raymond et al., 1992) noch die Tatsache, daß lediglich ein einziger Buchstabe oder ein Muster erkannt und nicht identifiziert werden muß, die Stärke und das Auftreten des *attentional blink* beeinflusst. Besteht die Aufgabe jedoch in der Erkennung beziehungsweise in einer Identifikation verschieden langer Lücken innerhalb der schnellen Reizdarbietung, dann kommt es zu keinem *attentional blink* für einen zweiten Zielreiz. Die Autoren deuten ihre Ergebnisse dahingehend, daß der erste zu beachtende Zielreiz ein visuelles Objekt sein muß, um das Verarbeitungsdefizit für einen zweiten Zielreiz auszulösen. Veranlaßt durch diese Erkenntnis formulieren sie ein Interferenzmodell zur Entstehung des *attentional blink*.

Diese Modell lehnt sich an das für die visuelle Suche formulierte Wettbewerbsmodell (*competition model*, Duncan & Humphreys, 1989) im visuellen Kurzzeitspeicher an. Aufgrund des Ergebnisses, daß eine Lücke in der schnellen Reizdarbietung keinen, ein beliebiges Objekt allerdings einen *attentional blink* verursachen kann, wird angenommen, die Ähnlichkeit zwischen den beiden Zielreizen sei von entscheidender Bedeutung für die Entstehung des Verarbeitungsdefizits. Der Modellvorstellung zufolge (siehe Shapiro et al., 1994 und Shapiro, 1994) wird zunächst eine Schablone für die beiden Zielreize gebildet, wodurch der erste Zielreiz und der zweite Zielreiz einen erleichterten Eintritt in den visuellen Kurzzeitspeicher bekommen und sie bei einer Übereinstimmung mit der Schablone mit einer hohen Gewichtung versehen werden. Aufgrund der zeitlichen Nähe ihres Erscheinens zu den Zielreizen wird auch den den Zielreizen direkt folgenden Distraktorreizen eine überdurchschnittliche Gewichtung zugewiesen. Bei dem Abruf der Zielreize aus dem Kurzzeitspeicher nach der schnellen Reizabfolge befinden sich die kritischen vier Reize (erster Zielreiz, zweiter Zielreiz und je die nachfolgenden Distraktoren) in einer Wettbewerbssituation bezüglich ihrer Abrufbarkeit. Diese Wettbewerbssituation sollte abgeschwächer sein, d.h. es sollte zu einer geringeren Interferenz zwischen den im Speicher vorhandenen Reizen kommen, wenn die Gewichtung eindeutig ist, wenn wenig Reize im Speicher sind und je unähnlicher die Reize einander sind.

Die Entstehung des *attentional blink* für einen zweiten Zielreiz aufgrund dieser Modellvorstellung ist - meines Erachtens - allerdings erst nach den ergänzenden

Ausführungen der Autoren (siehe Raymond, Shapiro & Arnell, 1995) zu verstehen. Es wird nun eine beschränkte, zur Verfügung stehende Gewichtungskapazität postuliert und ebenso eine Abnahme der bereits zugewiesenen Gewichtungswerte mit zunehmender Zeit. Aufgrund dieser Ergänzungen läßt sich nun das Verarbeitungsdefizit für einen zweiten Zielreiz erklären: Durch die starke Übereinstimmung des ersten Zielreizes zu seiner Schablone wird diesem eine starke Gewichtung zugewiesen. Eine ebenfalls starke Gewichtung erhält der dem ersten Zielreiz folgende Distraktor, denn er kann eine nahe zeitliche Verbindung zu der Zielreizschablone aufweisen. Durch diese zeitliche Gewichtung kann die in den schnellen Reizdarbietungsaufgaben konsistente gute Erkennung des dem ersten Zielreiz folgenden Distraktorreizes (T+1 Reiz) erklärt werden. Wird nun der zweite Zielreiz in kurzem Zeitabstand nach dem ersten Zielreiz und dem darauffolgenden Reiz dargeboten, so steht für ihn keine ausreichende Gewichtungskapazität mehr zur Verfügung und er kann nicht hinreichend verarbeitet werden. Erst nach Verstreichen eines größeren Zeitintervalls zwischen der Darbietung des Targets und einer damit einhergehenden wiedergeschaffenen Gewichtungskapazität kann der zweite Zielreiz mit einer ausreichenden Gewichtung versehen werden und geht nicht verloren.

Diese formulierten Vorstellungen stehen nun auch weitgehend in Einklang mit den Ergebnissen, die die Autoren in einer weiteren Experimentalreihe erzielten (Raymond et al., 1995). Sie manipulierten die kategorische, die figurale oder die räumliche Ähnlichkeit des ersten Distraktorreizes nach dem ersten Zielreiz (Posttarget, T+1 Reiz) zu den anderen Reizen der schnellen Darbietungsabfolge. Zwar fand sich in allen Bedingungen ein *attentional blink*, die Stärke des *attentional blink* verringerte sich jedoch mit steigender Unähnlichkeit des Posttargets zu den anderen Reizen. Offensichtlich besitzt nicht nur die "zeitliche Ähnlichkeit" des Posttargets zu den vorhandenen Zielreizschablonen einen Einfluß auf die eigene Gewichtung, sondern auch weitere Reizeigenschaften scheinen von Bedeutung zu sein. Gestützt wird diese Annahme auch durch das Ergebnis, daß der *attentional blink* verstärkt wird durch das Vorkommen möglicher zweiter Zielreize als Distraktoren (Maki & Padmanabhan, 1994), mit steigender Anzahl der dem zweiten Zielreiz kategoriell ähnlicher Distraktoren (Isaak, Shapiro & Martin, 1999, Experiment 3) oder einer kategoriellen Ähnlichkeit zwischen dem ersten und dem zweiten Zielreiz (Tayler & Hamm, 1997).

Als weiterer Beleg für das Interferenzmodell wird das von Ward, Duncan und Shapiro (1997, siehe ebenso Isaak et al., 1999, Experiment 1) erzielte Ergebnis angesehen, daß der *attentional blink* nicht nur in der „typischen“ schnellen Reizdarbietungsaufgabe auftritt, sondern ebenfalls in einer veränderten Reizdarbietung, die lediglich die - in der Interpretation des Interferenzmodells kritischen - beiden Zielreize und ihre maskierend wirkenden, nachfolgenden Distraktorreize enthält.

Eine direkte experimentelle Überprüfung der aus dem Interferenzmodell folgenden Vorhersagen nahmen nun Isaak et al. (1999, Experimente 1 und 2) vor. Die Autoren untersuchten die interferierende Wirkung der kritischen Reize, indem sie nicht eine bloße Erkennung, sondern eine Identifikation des zweiten (Buchstaben-) Zielreizes forderten und

die Verwechslungen des falschen zweiten Zielreizes analysierten. In Übereinstimmung mit den aus dem Interferenzmodell erwarteten Ergebnissen stellten sie eine überzufällige Verwechslung des nicht erkannten zweiten Zielreizes mit den anderen dargebotenen Reizen fest.

Diese Modellvorstellung einer Interferenz lokalisiert das Verarbeitungsdefizit des *attentional blink* auf einer späteren als der ursprünglich angenommenen Verarbeitungsebene. Wurde zunächst eine frühe Verarbeitungsinhibition der dem ersten Zielreiz in gewissem Abstand folgenden Reize angenommen, so findet das Verarbeitungsdefizit nun beim Abrufprozeß der bereits verarbeiteten und in den visuellen Kurzzeitspeicher gelangten Reize statt. Es ist an dieser Stelle allerdings zu bemerken, daß in dem Interferenzmodell keine Aussagen über die Art des visuellen Kurzzeitspeichers gemacht wird und somit eine genaue Lokalisation des Verarbeitungsdefizits innerhalb einer Informationsverarbeitungsreihe offen bleibt. Nichtsdestotrotz sollte nach den Vorstellungen des Interferenzmodells, das annimmt, die Reize werden bis zu ihrem Vorhandensein in einem stabilen Gedächtnisspeicher verarbeitet und können lediglich später nicht abgerufen werden, von einer relativ vollständigen semantischen Analyse der verlorenen Reize ausgegangen werden.

2.3.2.3 Ein Zwei-Stufen-Modell des *attentional blink*

In einer Reihe von Studien wurde die Idee von der Bedeutung der Ähnlichkeit der Zielreize für die Entstehung des *attentional blink* aufgegriffen und der weitergehende Einfluß der Ähnlichkeit der Zielreize zueinander und die Ähnlichkeit der Zielreize zu den Distraktorreizen auf das Ausmaß des *attentional blink* untersucht. In diesem Zusammenhang gewinnt auch die Betrachtung der Maskierung der Zielreize eine besondere Bedeutung.

Chun und Potter (1995) zeigten in einigen Experimenten, daß sowohl die globale Unterscheidbarkeit der Zielreize von den Distraktorreizen als auch die lokale Unterscheidbarkeit eines Zielreizes von dem nachfolgenden Distraktorreiz Auswirkungen auf die Ausprägungsstärke des *attentional blink* haben kann. Die Autoren stellen als ein bedeutsames Ergebnis ihrer Studien heraus, daß das Posttargetdefizit nicht nur durch einen ähnlichen, dem zweiten Zielreiz folgenden Distraktorreiz verstärkt werden kann, sondern daß dies ebenfalls durch eine Ähnlichkeit des dem ersten Zielreiz folgenden Distraktorreizes bedingt werden kann. Sie interpretieren dieses Ergebnis dahingehend, daß die Schwierigkeit der Verarbeitung des ersten Zielreizes den *attentional blink* moduliert. Ausgehend von dieser Überlegung formulieren sie ein Zwei-Stufen-Modell zur Erklärung des *attentional blink*.

Dem Modell zufolge findet in einer ersten präattentiven Stufe eine schnelle Erkennung der Reizmerkmale aller dargebotenen Reize statt. Auf der Grundlage dieser Merkmalerkennung kann eine Selektion möglicher Zielreizkandidaten passieren. Die frühen Repräsentationen sind allerdings instabil und werden bei der Interferenz nachfolgender Reizrepräsentationen schnell wieder vergessen. Um dieses Vergessen zu verhindern und ein späteres Erinnern der Reize zu sichern, wird ihre Weiterverarbeitung in eine stabilere Repräsentationsform in der zweiten angenommenen Stufe des Modells vorgenommen. Diese

Weiterverarbeitung ausgewählter Reize wird durch eine Aufmerksamkeitszuwendung veranlaßt. Diese überschreitet jedoch die Darbietungszeit der Einzelreize und ist kapazitätslimitiert. Wenn nun die aufmerksamkeitsabhängige Überführung eines Reizes in eine zweite, stabile Repräsentation noch nicht abgeschlossen ist, kann es zu keiner Stufenüberführung eines zweiten Reizes kommen, dessen Verarbeitung wird verzögert und seine instabile Repräsentation in der ersten Stufe wird mit großer Wahrscheinlichkeit vergessen. Durch diese Mechanismen läßt sich das zeitlich begrenzte Verarbeitungsdefizit für einen nachfolgenden zweiten Zielreiz innerhalb der schnellen Reizdarbietung verstehen: Der *attentional blink* dauert solange an, bis die Überführung eines Zielreizes in die zweite Stufe des Modells abgeschlossen ist. Die kaum beeinträchtigte Leistung in der Erkennung des zweiten Zielreizes direkt nach dem ersten Zielreiz kommt den Autoren zufolge durch dessen Mitverarbeitung mit dem ersten Zielreiz zustande.

Als Beleg für diese Zwei-Stufen-Vorstellung ist beispielsweise die Verschiebung der Verwechslungsfehler (*illusory conjunctions*) von einem symmetrischen Verwechslungsmuster zu einem Überwiegen von Posttarget-Fehlern (+1 Fehler) im *attentional blink* zu sehen (Chun, 1997). Nach der Interpretation des Autors werden die einzelnen Reizmerkmale in der ersten Verarbeitungsstufe aufgenommen, aufgrund der unzulänglichen Aufmerksamkeitsverfügbarkeit innerhalb des *attentional blink* können die einzelnen Reizmerkmale nicht zusammengebunden werden und da sie instabil sind, zerfallen sie. So kommt es zu einem fälschlichen Zusammenfügen der Reizmerkmale vorwiegend nachfolgender Reize. Ebenfalls für die dargelegte Modellvorstellung und gegen das Interferenzmodell spricht das Ergebnis von Subramaniam, Biederman und Madigan (2000). Die Autoren zeigten, daß innerhalb einer schnellen Reizdarbietungsabfolge dargebotene Bilder zwar direkt identifiziert, jedoch später nicht wiedererkannt werden können. In ihrer Interpretation nehmen die Autoren an, daß die Ausbildung eines expliziten Gedächtnisses für Reize von einer, mehrere Millisekunden andauernden Aufmerksamkeitszuwendung abhängt.

Auch können weitere Studien, die sich mit der Art der Maskierung der Zielreize durch die nachfolgenden Distraktorreize beschäftigten, als Bestätigung des Zwei-Stufen-Modells angesehen werden. Im Gegensatz zu den Annahmen des Interferenzmodells stellte sich hierbei heraus, daß nicht unbedingt eine den Zielreizen ähnliche Maskierungen notwendig ist, um den *attentional blink* auszulösen. Sowohl die Darbietung eines zufälligen Punktemusters (McAuliffe & Knowlton, 2000), sogar die eines einfachen weißen Bildschirms nach dem ersten Zielreiz (Grandison, Ghirardelli & Egeth, 1997) sowie auch dessen Metakontrastierung (Seiffert & Di Lollo, 1997) können wirksame Methoden sein, das Verarbeitungsdefizit hervorzurufen. Giesbrecht und Di Lollo (1998) wiederum stellten eine unterschiedliche Wirkung von simultan mit dem zweiten Zielreiz dargebotenen Masken (*integration masking*) und zeitlich verzögerten Masken (*interruption masking*) fest. Während die erstere Maskierungsform lediglich zu einer insgesamt schlechten Erkennung des zweiten Zielreizes in allen Zeitabständen zwischen dem ersten und dem zweiten Zielreiz führte, rief die zweite Maskierungsform das typische Muster des *attentional blink* hervor. So stellt nun nach Meinung der Autoren diese Ergebnisse einen Hinweis auf eine Verdrängung des zweiten

Zielreizes durch einen nachfolgenden Reiz dar (für ähnliche Ergebnisse siehe Brehaut, Enns & Di Lollo, 1999). Zusammenfassend werden die Befunde der genannten Studien von den Autoren eher als Beleg für das Zwei-Stufen-Modell gedeutet. Die Interpretation wird im Sinne Chun und Potters (1995) dahingehend vorgenommen, daß eine – wie auch immer gestaltete – Maskierung besonders des ersten Zielreizes als wesentlich anzusehen ist. Diese Maskierung erschwert nun die Verarbeitung des Reizes und bedingt hierdurch eine längere und kapazitätsabhängige Zuwendung und Überführungszeit des Reizes in eine stabilere Repräsentation. Die Verarbeitung des zweiten Zielreizes wird so beeinträchtigt und die lediglich instabilen Reize zerfallen aufgrund der Interferenz der nachfolgenden Distraktoren.

Es ist an dieser Stelle allerdings zu bemerken, daß eine Unterscheidung zwischen dem Zwei-Stufen-Modell und dem oben dargestellten Interferenzmodell aufgrund des Einflusses der Ähnlichkeit der dargebotenen Reize problematisch ist. Eine Auswirkung der Ähnlichkeit auf die Stärke des *attentional blink* kann in Übereinstimmung mit dem Zwei-Stufen-Modell einerseits durch die erschwerte Verarbeitung des ersten Zielreizes bedingt werden. Andererseits ist im Sinn des Interferenzmodells ebenso mit einer ähnlicheren Gewichtung ähnlicher Reize zu rechnen, wodurch ebenso ein verstärkter *attentional blink* zu erwarten wäre.

Eine direkte Überprüfung der Annahmen des Zwei-Stufen Modells nehmen Zuvic, Visser und Di Lollo (2000) vor. Die Autoren forderten eine Reaktion auf den zweiten Zielreiz und stellten eine Reaktionszeitverkürzung der Identifikation eines zweiten Reizes bei steigender SOA zwischen den beiden Zielreizen fest. Der Effekt war jedoch nur vorhanden, wenn der erste Zielreiz maskiert wurde. Dieses Ergebnis könnte eine verzögerte Verarbeitung des zweiten Zielreizes aufgrund der durch den ersten Zielreiz besetzten Überführungsstufe widerspiegeln. Weiterhin kam es mit steigender SOA der Maskierung zum zweiten Zielreiz zu einer Verbesserung von dessen Identifikationsleistung. Dieses Ergebnis macht nach Ansicht der Autoren wiederum die "Zerfallbarkeit" eines unverarbeiteten, zweiten Zielreizes durch einen nachfolgenden Reiz deutlich. Die Ergebnisse dieser Studie sind mit den Annahmen des Zwei-Stufen Modells kompatibel und stützen es somit.

Ist nun nach dem Zwei-Stufen-Modell Chun und Potters (1995) eine semantische Analyse verlorener Reize möglich? Die Zielreize können nach der schnellen Reizdarbietungsabfolge nicht berichtet werden, da sie aufgrund der fehlenden Überführung in die stabilere zweite Stufe lediglich in der präattentiven Stufe vorlagen und dort zerfielen oder verdrängt wurden. Nach den in Kapitel 2.1 ausgeführten Überlegungen wäre demnach aufgrund dieses Modells lediglich mit einer automatischen semantischen Wortverarbeitung zu rechnen.

2.3.2.4 Ein zentrales Flaschenhalsmodell des *attentional blink*

In zwei Studien manipulierten McAuliffe und Knowlton (2000) die figürliche und die konzeptuelle Interferenz der dem ersten Zielreiz folgenden Distraktoren. Obwohl sowohl die figürliche als auch die konzeptuelle Interferenz die Identifikation des ersten Zielreizes

beeinflusste, stellten die Autoren eine Auswirkung auf die Stärke des *attentional blink* lediglich für die figürliche Interferenz fest. Nach Einschätzung der Autoren belegt dieses Ergebnis das Zwei-Stufen-Modell des *attentional blink*. An dieser Stelle allerdings soll die mögliche Dissoziation zwischen den Faktoren, die die Erkennung der Zielreize allgemein beeinflussen, und denjenigen Faktoren, die eine Auswirkung auf die Entstehung des *attentional blink* haben, hervorgehoben werden. Diese mögliche Dissoziierbarkeit verschiedener Faktoren leitet über zu der Frage, inwieweit der *attentional blink* für Reize verschiedener Klassen oder für Reize unterschiedlicher Modalitäten auftritt. Mit dieser Frage weitergehend verbunden ist wiederum die Frage, ob es sich bei dem *attentional blink* um ein modalitätsspezifisches oder viel eher um ein amodales Verarbeitungsdefizit im Sinne eines möglichen zentralen Flaschenhalses der Informationsverarbeitung (*central bottleneck*, siehe z.B. Pashler, 1993) handelt.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Modalitätsspezifität des *attentional blink* sind uneinheitlich. Potter, Chun, Banks und Muckenhoupt (1998) stellten einen charakteristischen *attentional blink* lediglich für visuelle Zielreize fest. Waren beide oder einer der Zielreize akustisch dargebotene Buchstaben, traten im Fall des Modalitätenwechsels zwar amodale Aufgabenwechselkosten (*task-switch costs*), jedoch kein *attentional blink* auf. Im Gegensatz hierzu konnten Duncan, Martens und Ward (1997) bei der Benutzung je zweier gleichzeitiger visueller oder akustischer Silbendarbietungsreihen Verarbeitungsdefizite für sowohl visuelle als auch akustische intramodale Zielreize nachweisen. In einer gemischten visuell-akustischen Reizdarbietung jedoch ließ sich auch in dieser Studie kein intermodales Verarbeitungsdefizit für die zweiten Zielreize ausmachen.

Eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse bezüglich des Vorhandenseins des *attentional blink* in der akustischen Modalität kann aufgrund der Studien von Arnell und Jolicoeur (1999) gegeben werden. Ebenfalls mit der Untersuchung der Modalitätsspezifität des *attentional blink* befaßt, stellten die Autoren eine stärkere Abhängigkeit des Vorhandenseins eines akustischen im Vergleich zu einem visuellen Verarbeitungsdefizit von der Geschwindigkeit der Darbietungsrate fest. So war bei langsameren Darbietungsraten (SOA von über 135 Millisekunden) kein *attentional blink* für auditive Reize mehr festzustellen, während es noch zu ausgeprägten Verarbeitungsdefiziten innerhalb der visuellen Modalität kam. Zusätzlich war unabhängig von der Modalität des ersten Zielreizes die Verarbeitung visueller zweiter Zielreize stärker beeinträchtigt als die Verarbeitung auditiver zweiter Zielreize. Die Ergebnisse der Autoren zeigen jedoch nicht nur eine Abhängigkeit der Ausprägungsstärke der intramodalen Verarbeitungsdefizite von den Versuchsbedingungen. Neben dem Nachweis eines akustischen *attentional blink* konnten die Autoren nun auch einen, den intramodalen Verarbeitungsdefiziten vergleichbaren *attentional blink* für intermodale visuell-akustische Versuchsanordnungen nachweisen.

Diese Ergebnisse haben bedeutende Implikationen für die dargelegten Modellvorstellungen des *attentional blink*. Da das Verarbeitungsdefizit auch bei der Verwendung nicht visualisierbarer Töne auftrat, zeigten die Autoren, daß der *attentional blink* kein ausschließlich visuelles Phänomen ist. Die Erklärung des Interferenzmodells, der

attentional blink sei alleinig durch die Interferenz von Reizen innerhalb des visuellen Kurzzeitgedächtnisses bedingt, muß aufgrund der dargelegten Befunde demnach als kritisch angesehen werden. Die Existenz eines crossmodalen *attentional blink* läßt die Autoren die Ursache des Verarbeitungsdefizits nicht auf einer modalen, sondern eher auf einer zentraleren, amodalen Verarbeitungsstufe vermuten.

Gestützt wird die Idee eines amodalen Verarbeitungsdefizits auch durch weitere Befunde mittels der Verwendung unterschiedlicher Modalitäten. So kam es zu einer zeitlichen Abhängigkeit der räumlichen Diskriminationsleistung einer taktilen Aufgabe von der SOA zu einer vorangehenden Tonunterscheidungs- oder visuellen Buchstabenerkennung. Diese Verarbeitungsdefizite für die zweite Aufgabe fielen jedoch weg, wenn die Reize der ursprünglich ersten Aufgabe ignoriert werden sollen (Dell'Acqua, Turatto & Jolicoeur, 2001).

In Einklang mit diesen Überlegungen stehen auch die Ergebnisse, daß eine Manipulation später Verarbeitungsstufen wie beispielsweise die der Reaktionsauswahl die Stärke des *attentional blink* beeinflussen können. So findet sich bei kurzen SOA ein verstärkter *attentional blink*, wenn, im Gegensatz zu fast allen bisher berichteten Studien, die eine verzögerte Reaktion am Ende der Reizdarbietung forderten, eine sofortige Reaktion auf den ersten Zielreiz verlangt wird (Jolicoeur, 1998). Dieses Verarbeitungsdefizit ist insbesondere bei längeren Reaktionszeiten ausgeprägt (Jolicoeur, 1998, 1999) und wenn mehrere sofortige Antwortalternativen (vier versus zwei Reaktionsalternativen) vorhanden sind (Jolicoeur, 1999; Jolicoeur, Dell'Acqua & Crebolder, 2001). Ausgehend von diesen Ergebnissen entwickeln die Autoren (siehe z.B. Arnell & Jolicoeur, 1999) ein zentrales Flaschenhalsmodell zur Erklärung des *attentional blink*.

Diese Vorstellung des zentralen Flaschenhalsmodells parallelisiert die Verarbeitung mehrerer Reize innerhalb der schnellen Reizdarbietungsaufgabe mit Doppelaufgaben. In Übereinstimmung zu den Vorstellungen einer psychologischen Refraktärperiode (*psychological refractory period*, siehe Pashler, 1993; 1994) kommt es zu einer Interferenz zweier Reizverarbeitungen bei einer zeitlichen Überlagerung des Zugriffs auf kapazitätslimitierte Verarbeitungsstufen. Additive Effekte der Schwierigkeit der Verarbeitung des ersten Zielreizes und der Darbietungsdauer des zweiten Zielreizes (Jolicoeur & Dell'Acqua, 2000) läßt die Autoren den Ort der Interferenz nach der durch die Darbietungsdauer beeinflussten Verarbeitungsstufe vermuten. Die Ergebnisse von Jolicoeur & Dell'Acqua (1998) zeigen weiterhin, daß das Merken von visuell dargebotenen Buchstaben die Reaktionszeit auf einen nachfolgenden Ton bei geringem SOA zwischen den Reizen verlängert. Zusätzlich kommt es zu einer stärkeren Beeinträchtigung der Tonaufgabe, wenn drei im Vergleich zu einem Buchstaben behalten werden müssen. Diese Ergebnisse lassen innerhalb der Informationsverarbeitungsreihe die Kurzzeitkonsolidierung zum wahrscheinlichen Ort der Interferenz werden⁴.

⁴ Da es zu einer Beeinflussung der Ausprägungsstärke des *attentional blink* von der Art und der Anzahl der Reiz-Reaktionszuordnungen kommen kann, vermuten Jolicoeur et al. (2001) als zusätzlichen Flaschenhalsprozeß neben der Kurzzeitkonsolidierung auch die Antwortauswahl. Da der *attentional blink* jedoch auch ohne eine geforderte sofortige Reaktion auf einen ersten Zielreiz auftritt und der Einfluß der Antwortauswahl nur in einem

Zusammenfassend kann das zentrale Flaschenhalsmodell wie folgt beschrieben werden: Ebenso wie das Zwei-Stufen-Modell nimmt das zentrale Flaschenhalsmodell eine nicht an limitierte Verarbeitungskapazitäten gebundene, frühe sensorische und perzeptuelle Reizverarbeitung an. Die Kurzzeitkonsolidierung, durch welche die Reize in den Kurzzeitspeicher überführt werden, benötigt nun jedoch kapazitätslimitierte, zentrale Verarbeitungsprozesse und bildet einen zentralen Flaschenhals für die Reizverarbeitung. Wenn es zu einer zeitlichen Überlagerung der Reizdarbietung eines nachfolgenden Reizes mit der Kurzzeitkonsolidierung eines vorangehenden Reizes kommt, muß dessen Kurzzeitkonsolidierung warten, bis die Kurzzeitkonsolidierung des vorangegangenen Reizes abgeschlossen ist. Während dieses Wartens nun kann die perzeptuelle Repräsentation des nachfolgenden Reizes verloren gehen und es kommt zu einem Verarbeitungsdefizit für diesen Reiz.

Der entscheidende Unterschied dieses zentralen Flaschenhalsmodells zu dem ähnlichen Zwei-Stufen-Modell nun ist in der Annahme eines explizit amodalen, auf einer zentralen Verarbeitungsebene lokalisierten Flaschenhalsprozesses zu sehen, welcher Reizeingänge verschiedener Modalitäten erhalten kann. Wie nach dem Zwei-Stufen Modell ist auch nach dem zentralen Flaschenhalsmodell lediglich von einer nicht von der aufmerksamen Verarbeitung abhängigen, automatischen semantischen Analyse der nicht berichtbaren Reize auszugehen.

2.3.2.5 Zusammenfassung der Modellbildung des *attentional blink*

Aus den oben ausgeführten Darlegungen wird deutlich, daß es sich bei dem Verarbeitungsdefizit "*attentional blink*", das innerhalb der schnellen Reizdarbietungsaufgabe auftritt, um einen robusten und oft replizierten Effekt handelt (für eine Übersicht siehe Shapiro, Arnell & Raymond, 1997). Der *attentional blink* ist nicht reizspezifisch, er tritt innerhalb von Wortdarbietungen auf (z.B. Broadbent & Broadbent, 1987) und ist für Buchstabenreize (z.B. Raymond et al., 1992), für Farben (Ross & Jolicoeur, 1999) und für Reize an unterschiedlichen räumlichen Positionen (z.B. Breitmeyer, Ehrenstein, Pritchard, Hiscock & Crisan, 1999) vorhanden.

Obwohl die Befundlage hinsichtlich des Auftretens des *attentional blink* in unterschiedlichen Modalitäten uneinheitlich ist, kann davon ausgegangen werden, daß der *attentional blink* ebenso nicht modalitätsspezifisch ist. In der Hauptsache wurden zunächst Studien mit visuellem Reizmaterial durchgeführt und ein ausgeprägter *attentional blink* gefunden (siehe obige Literaturangaben, z.B. auch Raymond et al., 1992; Potter et al., 1998). Von der durch diese Studien motivierten, anfänglichen Vermutung, es handele sich bei dem *attentional blink* ausschließlich um ein visuelles Verarbeitungsdefizit, mußte aber mit dem Nachweis eines akustischen *attentional blink* (Duncan, et al., 1997; Arnell & Jolicoeur, 1999) Abstand genommen werden. Weiterhin ist es bei einer geeigneten visuell-akustischen

Versuchsanordnung möglich, auch ein crossmodales Verarbeitungsdefizit, das den charakteristischen Zeitverlauf des *attentional blink* aufweist, zu provozieren (Arnell & Jolicoeur, 1999).

Die theoretischen Modellvorstellungen zur Entstehung des *attentional blink* nehmen gemeinsam einen durch die zeitliche Überforderung der Aufmerksamkeit verursachten Engpaß der Verarbeitung der Zielreize innerhalb einer notwendigen Verarbeitungsstufe an. Sie unterscheiden sich jedoch in der Lokalisation dieses Engpasses. Das zunächst vermutete Inhibitionsmodell (Raymond et al., 1992) nimmt eine sehr frühe Verarbeitungsunterbrechung eines nachfolgenden Reizes durch die aufmerksame Verarbeitung eines vorangehenden Reizes an. Die Ergebnisse weiterer Studien jedoch rechtfertigen es, die Ursache des Verarbeitungsdefizits eher an einem späteren Punkt in der Informationsverarbeitungsreihe zu suchen. Die Verfechter des Interferenzmodells (Shapiro et al., 1994; Raymond et al., 1995) sehen die Ursache des *attentional blink* in einer, durch die unzureichende Gewichtung der Reize verursachten Verwechslung beim Abruf der sich bereits im visuellen Kurzzeitspeicher befindlichen Reize. Andere Autoren vermuten, daß die aufmerksamkeitsabhängige Überführung von lediglich perzeptuell aufgenommenen Reizen in eine stabilere, zweite Stufe (Zwei-Stufen Modell, Chun & Potter, 1995) oder die zentrale Kurzzeitkonsolidierung als Überführung dieser Reize in einen Kurzzeitspeicher (zentrales Flaschenhalsmodell, Arnell & Jolicoeur, 1999) den Flaschenhals der Reizverarbeitung darstellt. Eine Unterscheidung der beiden letztgenannten Modelle erfolgt durch die explizite Annahme eines amodalen, zentralen Überführungsmechanismus` im zentralen Flaschenhalsmodell, während das Zwei-Stufen Modell hinsichtlich der Lokalisation des Überführungsmechanismus` unspezifizierter bleibt. Nachfolgend werden ungeachtet dieser Unterschiedlichkeit beide Modelle unter dem Begriff der Flaschenhalsmodelle summiert.

An dieser Stelle jedoch muß bezüglich der dargestellten Modellvorstellungen festgehalten werden, daß anhand der bisherigen Ergebnisse die Frage, welches der beiden wahrscheinlichsten Modelltypen, das der Interferenz oder eher das eines Flaschenhalsprozesses, die Ursachen des *attentional blink* besser abbildet, noch nicht als endgültig geklärt betrachtet werden kann. Aufgrund der oben beschriebenen Ergebnisse läßt sich das Interferenzmodell nicht ablehnen, das Flaschenhalsmodell jedoch auch nicht überzeugend belegen. Möglicherweise muß die Betrachtung der unterschiedlichen Modellvorstellungen des *attentional blink* hier mit der einfachen Möglichkeit der Auflösung der empirischen Widersprüche durch die von Maki, Couture, Frigen und Lien (1997; siehe auch Maki, Frigen & Paulson, 1997) geäußerte Vermutung, eine Kombination der in den Modelltypen angenommenen Mechanismen trügen zu der Entstehung des *attentional blink* bei, zunächst abgeschlossen werden.

Ein elementarer Unterschied zwischen den beiden Modelltypen besteht in der Aussage über das Vorhandensein der Reize im Kurzzeitgedächtnis. Während das Interferenzmodell annimmt, die kritischen Reize (also sicherlich die beiden Zielreize) seien in einen Kurzzeitspeicher gelangt, wird die Konsolidierung des zweiten Zielreizes durch die Belegung

des Flaschenhalses aufgrund der Verarbeitung des ersten Zielreizes in der Vorstellung der Flaschenhalsmodelle unterbunden und die Reize gelangen nicht in eine stabilere Gedächtnisform. Wie bereits dargestellt, resultiert bezüglich der Frage nach einer semantischen Analyse hieraus die Ableitung, daß, sollten die im Interferenzmodell angenommenen Mechanismen den *attentional blink* verursachen, es durchaus zu einer annähernd vollständigen semantischen Analyse der verlorengegangenen Worte kommen kann. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit des Gedächtnisabrufs von der Gewichtung der Reize im Kurzzeitgedächtnis abhängt, so hatten sie dennoch diese Verarbeitungsstufe erreicht. In der Vorstellung der Flaschenhalsmodelle jedoch kann keine aufmerksamkeitsabhängige Konsolidierung der Reize und somit kein Erreichen des Kurzzeitspeichers erfolgen. Dementsprechend wäre lediglich eine automatische semantische Analyse der nicht berichtbaren Reize auf der präattentiven Stufe denkbar.

Das Bestreben der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung einer möglichen semantischen Analyse unaufmerksam verarbeiteter Worte. Diese Untersuchung findet mittels der schnellen Reizdarbietungsabfolge statt. Im folgenden Kapitel wird der Frage nach der Möglichkeit einer semantischen Verarbeitung von Worten innerhalb des *attentional blink* anhand der bestehenden experimentellen Befunde nachgegangen und gleichzeitig die Ableitung der in der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung vorgenommen.

2.4 Ableitung der Fragestellung

Einige Autoren untersuchten die Möglichkeit einer semantischen Verarbeitung von Worten, die im *attentional blink* dargeboten wurden. Zunächst vermuteten Broadbent und Broadbent (1987), daß die semantische Beziehung zwischen den beiden Zielworten einen Einfluß auf deren Berichtbarkeit ausüben könnte. Aus diesem Grund boten die Autoren ihren Probanden semantisch assoziierte und semantisch nicht assoziierte Zielworte dar. Ihre Ergebnisse jedoch zeigen keinen Bahnungseffekt erkannter erster Zielworte auf die Berichtbarkeit semantisch assoziierter, zweiter Zielworte. Aufgrund dieses Ergebnisses könnte davon ausgegangen werden, daß die Wortbedeutung eines im *attentional blink* liegenden Wortes nicht erfaßt werden kann.

Einen Hinweis, daß es dennoch zu der semantischen Analyse von im Zeitbereich des *attentional blink* dargebotenen Worten kommen kann, zeigt jedoch das Ausbleiben des Verarbeitungsdefizits für die Erkennung des eigenen Namens (Shapiro, Caldwell & Sorensen, 1997). Da dieses Verschwinden des *attentional blink* jedoch weder für andere Namen, noch für Nomen nachgewiesen werden konnte, sprechen die Autoren zwar von einer semantischen Analyse und einem mit dem Interferenzmodell kompatiblen späten Selektionsansatz zur Erklärung des *attentional blink*. Sie heben allerdings auch den besonderen Charakter des eigenen Namens hervor und sprechen von einem "visuellen Cocktail Party Effekt".

In einer bezüglich des verwendeten Wortmaterials leicht modifizierten Replikation der oben genannten Studie von Broadbent und Broadbent (1987) konnten nun auch Maki, Frigen

et al. (1997) eine höhere Berichtbarkeit der semantisch assoziierten zweiten Zielworte im Vergleich zu semantisch nicht mit dem ersten Zielwort in Beziehung stehenden zweiten Zielworten feststellen. Diese semantische Bahnung war unabhängig von dem Abstand zwischen den beiden Zielworten und im Zeitbereich bis 400 Millisekunden nach dem ersten Zielwort vorhanden und betrifft somit auch Zielworte, die innerhalb des *attentional blink* dargeboten wurden. Zusätzlich zu diesem Ergebnis können die Autoren den bahnenden Einfluß der semantischen Beziehung von nicht zu beachtenden Distraktorworten, die vor dem zweiten Zielwort dargeboten wurden, auf die Berichtbarkeit eines zweiten Zielwortes nachweisen. Diese Ergebnisse sprechen für eine semantische Verarbeitung von im *attentional blink* liegenden Worten. Zwischen der durch den ersten Zielreiz verursachten semantischen Bahnung und der von den Distraktorworten ausgehenden semantischen Bahnung ließen sich jedoch Unterschiede ausmachen: Einerseits war der von den Distraktorworten ausgelöste Bahnungseffekt geringer als der durch das aufmerksam verarbeitete, erste Zielwort verursachte Bahnungseffekt. Ein zweiter Unterschied betraf den Zeitverlauf der semantischen Bahnung dieser beiden Bedingungen. Während semantisch assoziierte, erste Zielworte die Berichtbarkeit von bis zu 400 Millisekunden später dargebotenen, zweiten Zielworten erhöhen konnten, dauerte dieser Bahnungseffekt eines Distraktorwortes nur 100 bis 200 Millisekunden an.

Vogel, Luck und Shapiro (1998; siehe auch Luck, Vogel & Shapiro, 1996) gingen der Frage einer möglichen semantischen Analyse von Worten im *attentional blink* mittels der Messung ereigniskorrelierter Potentiale nach. Ebenfalls unter der Benutzung ereigniskorrelierter Potentiale versuchten sie zusätzlich in einigen Experimenten Aufschluß über den Ort des Verarbeitungsdefizits innerhalb einer angenommenen Informationsverarbeitungsreihe zu erlangen. Aufgrund der Relevanz auch der letztgenannten Ergebnisse für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit werden die experimentellen Anordnungen der betreffenden Experimente ausführlich beschrieben.

In ihrer ersten Versuchsanordnung präsentierten die Autoren den Probanden zunächst vor dem Ablauf der schnellen Reizdarbietung für 1000 Millisekunden ein Kontextwort. Nach einem Zeitintervall von wiederum 1000 Millisekunden wurde nun eine Abfolge von 20 siebenbuchstabigen oder –zahligen Reizen mit einer Präsentationsrate von 12 Hz dargeboten. Der siebte oder der zehnte Reiz der Darbietungsabfolge diente als erster Zielreiz und bestand aus einer siebenzahligen Zahlenreihe. An der ersten, dritten oder siebten seriellen Position nach dem ersten Zielreiz erschien als zweiter Zielreiz ein von den anderen Reizen farblich abweichendes Wort (dieses wird nachfolgend als Probe bezeichnet). Zur Beobachtung der semantischen Verarbeitung dieses Probewortes war es in der Hälfte der Fälle zu dem Kontextwort semantisch assoziiert, in der anderen Hälfte der Fälle jedoch nicht mit dem Kontextwort semantisch assoziiert. Die Aufgabe der Probanden bestand in der Experimentalbedingung darin, die Zahlenreihe und das rote Probewort zu erkennen. Nach Abfolge der schnellen Reizdarbietung sollten sie entscheiden, ob es sich um gerade oder ungerade Zahlen handelte und ob das rote Probewort in einer semantischen Beziehung zu

dem Kontextwort stand oder nicht. In der Kontrollbedingung wurden die Probanden instruiert, lediglich eine Entscheidung über die semantische Beziehung des Probewortes zu dem Kontextwort treffen. Zusätzlich zu diesen, nach der Reizdarbietung erhobenen Verhaltensdaten wurden die ereigniskorrelierten Potentiale abgeleitet und die von dem roten Zielwort evozierte N400 betrachtet.

Die Ergebnisse der Kontrollbedingung zeigten erwartungsgemäß kein Verarbeitungsdefizit für das Probewort: Unabhängig von der seriellen Position des zweiten Zielreizes lag die Richtigkeit in der Beurteilung der semantischen Beziehung zwischen dem Kontextwort und dem Probewort bei 90 – 95 %. Auch in der von dem Probewort evozierten N400 ließ sich kein Einfluß der seriellen Position erkennen: Es kam in allen drei verwirklichten seriellen Positionen zu einem durch die semantische Beziehung des Kontextwortes mit dem Probe verursachten N400-Effekt. Im Gegensatz zu der Kontrollbedingung zeigte sich in der Experimentalbedingung anhand der beeinträchtigten Leistung in der Beurteilung der semantischen Beziehung beider Zielworte an der dritten seriellen Position der erwartete *attentional blink*. Obwohl nun diese Fehlerraten offensichtlich eine verminderte Erkennung der Probeworte an der dritten seriellen Position verdeutlichten, kam es bei der Analyse der ereigniskorrelierten Potentiale zu keinem Einfluß der seriellen Position des Probewortes auf den N400-Effekt. Diese fehlende Reduktion des N400-Effektes in dem durch die Verhaltensdaten nachgewiesenen *attentional blink* an der dritten seriellen Position wird nach Einschätzung der Autoren als Nachweis einer semantischen Analyse im *attentional blink* angesehen. Die Ergebnisse der Studie sprechen demnach dafür, daß es sich bei dem *attentional blink* um ein Verarbeitungsdefizit handelt, das erst nach einer relativ vollständigen Reizidentifikation zur Ausprägung kommt und eine, mittels des N400-Effektes meßbare, semantische Verarbeitung der Worte zuläßt (zur Einschätzung der Art der mit diesen Ergebnissen nachgewiesenen semantischen Wortverarbeitung jedoch siehe unten).

Um den Ort des Verarbeitungsdefizits näher einzugrenzen, gingen die Autoren (Vogel et al., 1998) in einem weiteren Experiment der Frage nach, ob die durch den *attentional blink* verlorengegangenen Reize auch eine vermutlicherweise hinter der semantischen Analyse liegende Informationsverarbeitungsstufe erreichen können und in das Arbeitsgedächtnis gelangen. Zur Untersuchung dieser Fragestellung zogen sie die Betrachtung eines weiteren ereigniskorrelierten Potentials, der P300, heran. Im Kontext ihrer Studie heben die Autoren die auch in Kapitel 2.2.3 dargelegte Vorstellung der Auslösung einer P300 durch einen relevanten Reiz als Korrelat der Aktualisierung von Arbeitsgedächtnisinhalten hervor (siehe für diese Vorstellung Donchin & Coles, 1988; aber auch Kapitel 2.2.3 für eine Darstellung der unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten der Entstehung der P300).

Bis auf die Tatsache, daß nun kein Kontextwort dargeboten wurde, entsprach die in diesem zweiten Experiment verwirklichte Darbietung der Reize der der vorangehend beschriebenen Prozedur. Der erste Zielreiz bestand wiederum aus einer Zahl, über deren gerade oder ungerade Eigenschaft eine Entscheidung getroffen werden sollte. An der ersten, dritten oder siebten seriellen Position wurde in 15 % der Fälle der Buchstabe "E", in 85 % der Fälle ein anderer Buchstabe dargeboten. Die Aufgabe der Probanden bezüglich dieses

zweiten Zielreizes bestand nun in der Abgabe eines Tastendrucks, wenn es sich um den Buchstaben "E" gehandelt hatte. Wie bereits im vorangehenden Kapitel dargelegt, wird bei der Darbietung eines relevanten Reizes, der einer subjektiv selteneren Kategorie angehört, im Vergleich zu der Darbietung von irrelevanten oder auch häufigeren Reizen üblicherweise eine verstärkte P300 gemessen (siehe z.B. Donchin, 1981). Nach der Vorstellung der Autoren kann nun durch die Berechnung der Differenz zwischen den von den häufigen und den seltenen Buchstaben evozierten Potentialen ein Aufschluß über ihre Kategorisierung und über ihr Vorhandensein im Arbeitsgedächtnis erlangt werden.

Die Verhaltensdaten der Studie zeigten kein Verarbeitungsdefizit an einer der seriellen Positionen des zweiten Zielreizes in der Kontrollbedingung, jedoch wieder eine Ausprägung des *attentional blink* an der dritten seriellen Position in der Experimentalbedingung. Die Betrachtung des P300-Effektes in dieser Studie erbrachte nun ein mit den Verhaltensdaten übereinstimmendes Bild: Während es in der Kontrollbedingung in allen drei seriellen Positionen und in der Experimentalbedingung ebenfalls in den außerhalb des *attentional blink* liegenden ersten und siebten seriellen Positionen zu einem P300-Effekt kam, war dieser an der dritten Position der Experimentalbedingung nicht vorhanden. Die Ergebnisse dieses Experiments implizieren unter der gegebenen Interpretation für das Auftreten der P300 demnach, daß es aufgrund des *attentional blink* zu keiner Repräsentation der betroffenen Reize im Arbeitsgedächtnis kam. In ergänzenden Experimenten konnten die Autoren weiterhin zeigen, daß es im *attentional blink* zu keiner Reduktion der mit frühen Verarbeitungsprozessen in Zusammenhang gebrachten ereigniskorrelierten Potentialen (P1 und N1) kommt.

Zusammenfassend ergibt nun die Betrachtung der erhobenen ereigniskorrelierten Potentiale folgendes Bild: Die vorhandenen, frühen ereigniskorrelierten Potentiale und auch die Nichtbeeinträchtigung des N400-Effektes während des *attentional blink* sprechen für keine Beeinträchtigung der bis zur semantischen Analyse reichenden Informationsverarbeitungsstufen. Die Ergebnisse des P300-Effektes jedoch deuten darauf hin, daß das Verarbeitungsdefizit eine Überführung der Reize oder deren Verarbeitung im Arbeitsgedächtnis nicht zuläßt.

Bei dieser beschriebenen Interpretation der Ergebnisse ist allerdings zu bemerken, daß sich das schlüssig erscheinende Bild des *attentional blink* durch die Integration von Ergebnissen unabhängiger Studien, die mit unterschiedlichen Reizmaterialien durchgeführt wurden, ergibt. So wurde die Schlußfolgerung, es komme zu keiner Überführung der im *attentional blink* dargebotenen Reize in das Arbeitsgedächtnis aufgrund der Abwesenheit eines P300 Effektes anhand von Buchstabenmaterial gezogen. Buchstaben stellen jedoch eine andere semantische Qualität dar als Worte. Zur Überprüfung der bedeutenden Implikationen dieser Studienreihe wäre aus diesem Grund die Erhebung der verschiedenen ereigniskorrelierten Potentiale unter der Benutzung semantisch bedeutsamen Wortmaterials innerhalb eines einzigen Experiments zu fordern.

Die in Kapitel 2.1 dargelegten Überlegungen machen deutlich, daß unterschiedliche semantische Mechanismen an einem semantischen Bahnungseffekt beteiligt sein können und daß auch der N400-Effekt nicht ursächlich auf einen einzigen der vermuteten Mechanismen zurückgeführt werden kann (siehe Kapitel 2.2.2). Je nach der experimentellen Manipulation können manche dieser Prozesse ausgeschlossen werden und so Rückschlüsse auf die Art der semantischen Verarbeitung vorgenommen werden. Aufgrund der Relevanz für die vorliegende Arbeit soll es zu einer näheren Betrachtung der Art der durch den N400-Effekt nachgewiesenen semantischen Analyse innerhalb des *attentional blink* in der oben beschriebenen Studie von Luck et al. (1996; oder auch Vogel et al., 1998) kommen.

In der vorgestellten Studie wurde den Probanden vor dem Ablauf der schnellen Reizdarbietung ein unmaskiertes Kontextwort dargeboten und sie konnten dieses für 1000 Millisekunden verarbeiten. Es wurde nun die semantische Beziehung zwischen diesem aufmerksam verarbeiteten Primewort (dem Kontextwort) und einem im *attentional blink* liegenden Ziel-(oder Probe-)wort manipuliert. Diese experimentelle Manipulation entspricht in der für die selektiven Aufmerksamkeitsstudien getroffenen Klassifizierung der Bedingung AU (aufmerksame Verarbeitung der Primes, unaufmerksame Verarbeitung der Probes). Es kam zu einem semantischen Bahnungseffekt, der sich in einer Reduktion der N400-Amplituden für den Fall der semantisch assoziierten Wortpaare äußerte, obwohl es zu einem *attentional blink* für die Probeworte kam. Aufgrund der Ergebnisse der Studie, die, wie unten dargelegt wird, durchaus auch kritisch beurteilt werden könnte, wurde geschlußfolgert, daß eine semantische Analyse dieser Worte nachgewiesen wurde. Die Möglichkeit der aufmerksamen Verarbeitung durch die vollständige Darbietung des bahnenden Wortes verhindert jedoch eine genaue Aussage über die Art der semantischen Verarbeitung der im *attentional blink* liegenden Worte. Es ist möglich, daß durch die unaufmerksame Verarbeitung der im *attentional blink* liegenden Probeworte eine Aktivierung ihrer Wortrepräsentation erfolgte. Der durch die N400 meßbare Bahnungseffekt jedoch muß als Folge der Voraktivierung dieser Repräsentation durch die vorangehende Verarbeitung der Primes angesehen werden. Da eine kontrollierte Verarbeitung der Primes nicht ausgeschlossen wurde, kann diese Voraktivierung automatischen, jedoch auch kontrollierten Bahnungsmechanismen zugeschrieben werden. Der in der Studie gemessene Bahnungseffekt läßt demzufolge die Aussage zu, daß eine Aktivierung der Wortrepräsentation im *attentional blink* stattfinden kann. Die Frage jedoch, wie diese Art der Aktivierung einzuordnen ist und ob eine automatische Aktivierungsausbreitung von Worten im *attentional blink* ausgelöst werden kann, muß offen bleiben.

Es muß also festgestellt werden, daß über die im Rahmen der vorliegenden Arbeit interessierende, tatsächliche Art der semantischen Verarbeitung der im *attentional blink* dargebotenen Worte anhand der beschriebenen Ergebnisse keine Aussage getroffen werden kann. Zusätzlich ist der Nachweis dieser Bahnung eines aufmerksam verarbeiteten Wortes auf ein unaufmerksam verarbeitetes Wort ein – ebenfalls bereits im Paradigma der schnellen Reizdarbietungsabfolge beobachteter – in anderen Paradigmen oftmals nachgewiesener Effekt.

Zusätzlich zu diesem entscheidenden Punkt müssen sich die Autoren der Studie jedoch einer methodischen Kritik stellen. In der genannten Studie wurde eine Manipulation des Abstandes zwischen den Kontextworten (Primes) und den Probeworten vorgenommen. Es wurde versucht, eine Aussage über die semantische Verarbeitung von Worten im *attentional blink* zu gewinnen, indem ein Zeitbereich außerhalb und ein Zeitbereich innerhalb des *attentional blink* definiert wurde. Der Zeitbereich außerhalb des *attentional blink* diente neben einer Kontrollbedingung, in der der erste Zielreiz nicht beachtet werden sollte, als Vergleichsbedingung für eine Einschätzung des semantischen Bahnungseffektes. Als Kritikpunkt nun muß hier allerdings angefügt werden, daß die Verarbeitung der im *attentional blink* liegenden Reize zwar offensichtlich beeinträchtigt ist und es zu einer schlechteren Erkennungsleistung und Berichtbarkeit dieser Reize kommt, daß einige Worte jedoch nach den Ergebnissen für die Berichtbarkeit nach Ablauf der schnellen Reizdarbietung nichtsdestotrotz verfügbar sind. Wird nun zur Berechnung der ereigniskorrelierten Potentiale eine Mittelung der Bahnungseffekte für die Zeitbereiche innerhalb und die Zeitbereiche außerhalb des *attentional blink* vorgenommen, so gelangen auch die berichtbaren Worte in diese Mittelung. Es besteht demzufolge die Möglichkeit, daß die gemessenen Bahnungseffekte auf die, wenn auch durch den *attentional blink* reduzierte Anzahl, berichtbarer Worte zurückzuführen ist. So kam es in der Studie von Vogel et al. (1998; siehe auch Luck et al., 1996) zu einer 66 % Erkennung der semantischen Beziehung zwischen den Worten an der im *attentional blink* dargebotenen dritten Position nach dem ersten Zielreiz, während die Erkennung dieses semantischen Zusammenhangs an den Positionen eins und sieben außerhalb des *attentional blink* bei 87 – 90 % lag. Eine Einschätzung der semantischen Verarbeitung erfolgte nun durch die Mittelung der ereigniskorrelierten Potentiale für diese drei seriellen Positionen der Worte. Es konnte keine Reduktion des semantischen N400-Effektes festgestellt werden. Nach den oben ausgeführten Überlegungen jedoch ist es fraglich, ob bei diesem Vergleich überhaupt ein unterschiedlicher N400-Effekt zu erwarten gewesen wäre, denn bei den gegebenen Erkennungsleistungen und somit den in allen Fällen vorhandenen, erkannten Worten könnte eben auch in allen diesen Bedingungen ein N400-Effekt erwartet werden. In der Folge ist eine alternative Erklärung für diese fehlende Unterschiedlichkeit gleichermaßen in der Annahme zu sehen, daß sich die Erkennungsraten der drei verglichenen Positionen nicht hinreichend unterschieden haben, um überhaupt einen unterscheidbaren Effekt auf der Ebene der elektrophysiologischen Daten hervorrufen zu können. Es besteht demnach die Möglichkeit, daß sich die auf den dargestellten Ergebnissen basierende Annahme, es komme zu einer semantischen Verarbeitung von Worten im *attentional blink* einer Überinterpretation annähert. Es soll an dieser Stelle ebenfalls angemerkt werden, daß diese Studie aufgrund der „66 % Schwelle“ der Erkennung der semantischen Beziehung zwischen Kontext- und Probewort im *attentional blink* (und nicht der in einer Zweifach-Wahlreaktionsaufgabe tatsächlich zufälligen 50 % Erkennung) bezüglich der von Holender (1986) und Merikle und Daneman (2000) herausgestellten Kriterien nicht die Aussage zuläßt, hier sei eine vollständig unbewußte oder unaufmerksame Wortverarbeitung gegeben gewesen.

Es bleibt also festzuhalten, daß – die oben geäußerten Kritik außer Acht gelassen - zwar eine semantische Verarbeitung im *attentional blink* nachgewiesen werden konnte, daß allerdings eine genauere Einschätzung der Art der während des *attentional blink* stattfindenden semantischen Wortverarbeitung anhand der berichteten Studie nicht möglich ist. Nach den in Kapitel 2.1.3 dargelegten Überlegungen kann diese nur erfolgen, wenn die aufmerksame Verarbeitung eines Primewortes unterbunden wird und so ein Beitrag kontrollierter semantischer Mechanismen am Zustandekommen der Bahnungseffekte ausgeschlossen wird⁵.

Eine derartige Versuchsanordnung führten Shapiro, Driver, Ward und Sorensen (1997, Experiment 2) in einer Abwandlung der bislang üblichen experimentellen Prozedur durch. Die Autoren benutzten die schnelle Reizdarbietungsabfolge und boten ihren Probanden Worte dar. Sie variierten jedoch nicht mehr die serielle Position des zweiten Zielreizes zu dem ersten Zielreiz, sondern präsentierten den zweiten Zielreiz unverändert an der dritten seriellen Position nach dem ersten Zielreiz, an der Position der stärksten Ausprägung des *attentional blink*. Zusätzlich zu diesen beiden Zielworten boten sie nun ein weiteres, drittes Zielwort an der sechsten Position nach dem ersten Zielwort - nach Meinung der Autoren - außerhalb des *attentional blink* dar. Zu der Messung der semantischen Verarbeitung von im *attentional blink* dargebotenen Worten manipulierten die Autoren nun die semantische Assoziiiertheit zwischen dem zweiten Zielwort, das als Prime diente, und dem dritten Zielwort, das als Probe diente. Im Gegensatz zu der Studie von Luck et al. (1996; siehe auch Vogel et al., 1998, Experiment 2), in der eine unaufmerksame Probeverarbeitung verwirklicht werden sollte, betrachteten die Autoren nun also die Möglichkeit der semantischen Verarbeitung eines im *attentional blink* liegenden Primewortes. Zusätzlich forderten sie im Unterschied zu den oben genannten Autoren, die lediglich eine Entscheidung über die semantische Beziehung zwischen Prime – und Probeworten verlangten, nach der Reizabfolge nun eine direkte Angabe der Zielworte in Form ihrer Auswahl aus einer Menge von 13 möglichen Worten.

Das erste Zielwort diente lediglich zur Produktion des *attentional blink* für die Primes. Diese jedoch konnten aufgrund des Verarbeitungsdefizits nur in 46 % der Fälle korrekt angegeben werden. Eine Betrachtung der semantischen Verarbeitung erfolgte nun in der Messung einer möglichen semantischen Bahnung auf die Erkennungsleistung des Probewortes in Abhängigkeit von der Erkennung beziehungsweise Nichterkennung des vorangehenden Primewortes. In der Studie handelt es sich somit um eine Untersuchung der durch ein im *attentional blink* liegendes, unaufmerksam verarbeitetes Primewort verursachten

⁵ Eine genaue Untersuchung der Art der semantischen Wortverarbeitung und und damit verbunden die Kontrolle der geforderten Schwellensetzung war allerdings auch nicht das Ziel der dargestellten Studie. Hier ging es lediglich um die Untersuchung der Möglichkeit jeglicher semantischer Wortverarbeitung im *attentional blink*. Da die Manipulation der Erkennung der Worte im *attentional blink* quasiexperimentell erfolgen mußte, kann auch nicht von einer unzutreffenden Schwellensetzung die Rede sein. Im Kontext der vorliegenden Arbeit jedoch ist die Tatsache, daß es sich bei der dargestellten Studie nicht um eine Identifikation der (Probe-)Worte und damit um eine Verwirklichung einer subjektiven Erkennungsschwelle handelte, sondern lediglich um eine Zweifach-Wahlreaktionsaufgabe, hervorzuheben.

Bahnung auf ein außerhalb des *attentional blink* liegendes, aufmerksam verarbeitetes Probe. Durch den direkten Vergleich der semantischen Bahnung unter diesen beiden Bedingungen wird eine Einschätzung der durch das Primewort verursachten semantischen Verarbeitungsmechanismen möglich. Mit ihrer experimentellen Prozedur nahmen die Autoren demnach genau die Manipulation vor, die notwendig ist, um einen Aufschluß über die Art der semantischen Verarbeitung der Worte, die im *attentional blink* liegen und auch tatsächlich von dem Verarbeitungsdefizit betroffen sind, zu erlangen. Zusätzlich genügt diese Vorgehensweise der Einschätzung der Worterkennung aufgrund der direkten Angabe des betreffenden Wortes der von Merikle und Daneman (2000, siehe auch Merikle et al., 2001) formulierten, subjektiven Erkennungsschwelle.

Die Ergebnisse des Experiments zeigten einen positiven semantischen Bahnungseffekt, d.h. eine bessere Erkennung der semantisch assoziierten Probes im Vergleich zu den semantisch nicht assoziierten Probes. Dieser Bahnungseffekt trat auf, unabhängig davon, ob die Probanden das Prime richtig angaben oder nicht, war jedoch tendentiell stärker für erkannte Primes ausgeprägt. Durch dieses Ergebnis wird nun erstmals deutlich, daß tatsächlich aufgrund des *attentional blink* nicht berichtbare Primes semantische Bahnungsmechanismen auslösen, die eine Auswirkung auf nachfolgende Probeworte ausüben können.

Obwohl diese veränderte Prozedur und die Einteilung der Worte in erkannte und nicht-erkannte Worte bezüglich der Frage, welche Art der semantischen Verarbeitung im *attentional blink* passiert, sicherlich vorteilhafter ist als die zuvor geschilderten Herangehensweisen, muß auch in dieser Studie ein Kritikpunkt erwähnt werden. Eine Schwierigkeit in der Interpretation der Ergebnisse liegt an der mangelnden Kontrolle darüber, auf welche Weise die Primeworte tatsächlich verarbeitet wurden und betrifft das in Kapitel 2.1.4 geforderte Kriterium des Nachweises der unbewußten Reizverarbeitung zum Zeitpunkt der Reizverarbeitung. Da eine Beurteilung der beiden Bahnungsbedingungen erst anhand der nach der schnellen Reizdarbietungsabfolge stattgefundenen Erkennung beziehungsweise Nichterkennung der Worte erfolgen konnte, besteht die theoretische Möglichkeit, daß auch die später nicht mehr aus dem Gedächtnis abrufbaren Worte zum Zeitpunkt ihrer Darbietung relativ vollständig verarbeitet wurden. Solch eine Möglichkeit würde den Unterschied zwischen den beiden Bahnungsbedingungen zunichte machen und das Ergebnis einer semantischen Bahnung durch nicht erkannte Primeworte relativieren.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Aufschluß über eine mögliche, unbewußte semantische Verarbeitung von Worten zu erlangen. Zu diesem Zweck sollte die bewußte Verarbeitung von Worten ausgeschlossen werden. Nach den bisherigen Erkenntnissen eignet sich das Paradigma der schnellen Reizdarbietungsaufgabe für diese Fragestellung, da die betreffenden Worte nicht wie in selektiven Aufmerksamkeitsstudien gezielt von der Verarbeitung ausgeschlossen werden. Im Gegensatz hierzu stellen die Worte Zielreize dar und sollen erkannt werden. Diese Erkennung jedoch schlägt nach bisherigem Wissen aufgrund der zeitlichen Überforderung der Aufmerksamkeit fehl. Die Angabe der

Nichtererkennung der Worte entspricht demnach etwa einer subjektiven Wahrnehmungsschwelle in Maskierungsstudien. Der Nachweis einer semantischen Verarbeitung von nicht erkannten Worten im *attentional blink* sollte nach Möglichkeit jedoch allen in Kapitel 2.1.4 geforderten Kriterien für unbewußte Informationsverarbeitung entsprechen. Hierzu gehört der Nachweis der tatsächlich unbewußten Verarbeitung der Worte zum Zeitpunkt der Reizdarbietung. Es wurde oben ausgeführt, daß die Ergebnisse der vorhandenen Studien, die sich mit einer semantischen Analyse von Worten im *attentional blink* beschäftigen, einerseits methodisch kritisch betrachtet werden müssen, andererseits jedoch das erwähnte Kriterium nicht erfüllen können.

Eine Lösung diese Problems ist nun in der direkten Beobachtung der Verarbeitung der Primeworte zu sehen. Solch eine "Online-Kontrolle" der Primeverarbeitung bietet sich durch die Erhebung ereigniskorrelierter Potentiale zum Zeitpunkt ihrer Darbietung und Verarbeitung innerhalb einer Studie an. Es wurde in Kapitel 2.2.3 dargelegt, daß bestimmte ereigniskorrelierte Potentiale mit bestimmten Informationsverarbeitungsprozessen in Zusammenhang stehen. Im Umkehrschluß können unterschiedliche Potentiale als Hinweis auf eine differierende Verarbeitung der Reize betrachtet werden. Diese Herangehensweise wird in den Studien der vorliegenden Arbeit verfolgt.

Das erste Experiment stellt eine modifizierte Replikation der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) dar. Es soll eine Einschätzung der semantischen Verarbeitung von nicht berichtbaren Worten, die wahrscheinlich unser Bewußtsein nicht erreichten und berichtbaren Worten, die relativ vollständig verarbeitet wurden, stattfinden. Durch die Synthese des Bahnungsparadigmas mit der Erfassung ereigniskorrelierter Potentiale wird der Versuch unternommen, die in der zitierten Studie benannten Nachteile bezüglich des unerfüllten Kriteriums einzuschränken und eine Einschätzung der Wortverarbeitung zum Zeitpunkt der Reizdarbietung zu gewinnen.

Die Ergebnisse vorwegnehmend kann der Nachweis einer automatischen Aktivierungsausbreitung von nicht erkannten Worten im *attentional blink* erbracht werden. Zusätzlich machen sich in den ereigniskorrelierten Potentialen tatsächlich Hinweise auf eine unterschiedliche Verarbeitung der später erkannten versus der nicht erkannten Worte zu dem Zeitpunkt ihrer Verarbeitung bemerkbar. Die Ergebnisse dieses Experiments weisen relativ eindeutig auf die Möglichkeit einer automatischen Aktivierungsausbreitung von nicht berichtbaren Worten im *attentional blink* hin. In den nachfolgenden zwei Experimenten soll anschließend die Frage geklärt werden, ob das Verarbeitungsdefizit ausschließlich eine automatische Wortanalyse zuläßt oder ob es doch zu einer Auslösung kontrollierter Bahnungsmechanismen durch im *attentional blink* dargebotenen Worten kommen kann.

Im zweiten Experiment wird die semantische Analyse nicht erkannter Worte im *attentional blink* mittels einer abweichenden Vorgehensweise überprüft. Es wird nun eine Manipulation der semantischen Assoziation zwischen dem ersten (nun Prime) und dem dritten Zielwort (Probe) vorgenommen. Zwischen diese beiden Zielworte wird ein weiteres Zielwort in dem durch das Primewort verursachten *attentional blink* dargeboten. Obwohl es

auch gegenteilige Befunde gibt (siehe Kapitel 2.1.2.2) scheint ein Wort, was zwischen Prime und Probe dargeboten wird, den semantischen Bahnungseffekt sowohl auf der Verhaltensebene (Masson, 1995) als auch auf der Ebene ereigniskorrelierter Potentiale (Deacon et al., 1998) aufzuheben. Diese Aufhebung des semantischen Bahnungseffektes läßt sich vornehmlich auf kontrollierte Mechanismen, wie etwa einer Umorientierung der durch das Primewort gebildeten Erwartung für ein nächstes erscheinendes Wort oder einer Veränderung des Kurzzeitgedächtnisinhaltes, zurückführen. Käme es demnach zu einer Beeinflussung der semantischen Bahnung zwischen erkannten Worten durch ein nicht erkanntes, im *attentional blink* liegendes Wort, so könnte ein Beitrag kontrollierter semantischer Mechanismen an dieser Wortverarbeitung angenommen werden. Zur Überprüfung der Verarbeitung dieses Wortes zum Verarbeitungszeitpunkt werden wiederum ereigniskorrelierte Potentiale (P300) erhoben. Sodann erfolgt eine Einschätzung der Beeinflussung der semantischen Bahnung des Primes auf das Probe aufgrund der Erkennungsleistung des Probes und mittels des N400-Effektes.

Ein weiteres, von Holender (1986) als wichtig erachtetes Kriterium für den tatsächlichen Nachweis unbewußter Wortverarbeitung nehmen die qualitativ unterschiedlichen Konsequenzen bewußter und unbewußter Wortverarbeitung ein. Neelys Studie (Neely, 1977) und auch die Ergebnisse maskierter Bahnungsstudien (siehe Ferrand, 1996; Greenwald et al., 1996) legen einen Unterschied im Zeitverlauf der durch bewußt und unbewußt wahrgenommene Primes verursachten semantischen Bahnung nahe. Auch theoretisch sind für kurze Zeitintervalle zwischen der Prime – und der Probedarbietung automatische, für länger andauernde Zeitintervalle eher kontrollierte Bahnungsmechanismen zu erwarten (siehe Balota, 1994; Neely, 1991). Weiterhin wurde in einigen Studien ein tendentiell umgekehrter, inhibitorischer Effekt unbewußt wahrgenommene Worte für längere SOA angenommen (Klinger & Greenwald, 1995; Balota, 1983; Carr & Dagenbach, 1990). Eine Möglichkeit, die oben dargelegte Forderung zu erfüllen und zu einer weiteren Einschätzung des Beitrags kontrollierter versus automatischer Mechanismen an der durch nicht erkannte Worte verursachten semantischen Bahnung zu kommen, liegt demnach in der Betrachtung des Zeitverlaufs der semantischen Bahnung von erkannten versus nicht erkannten Worten im *attentional blink*. Diese Versuchsanordnung wird in dem dritten Experiment der vorliegenden Studie verwirklicht.

Die vierte Studie dient primär der Auflösung von interpretatorischen Schwierigkeiten aufgrund der Durchführung der Experimente mittels unterschiedlicher Experimentalrechner. In den ersten drei Experimenten stellten sich stark abweichende Erkennungsleistungen der Zielreize und auch unterschiedlich starke Ausprägungen des *attentional blink* heraus. Da sich bei der Messung der Leuchtdichteparameter für die verwendeten Bildschirme stark differierende Werte ergaben, liegt die Vermutung nahe, die unterschiedlichen Erkennungsleistungen ließen sich auf diese unterschiedlichen Helligkeitswerte zurückführen. Eine Überprüfung dieser Vermutung erfolgt durch die Manipulation des Kontrastes der Zielworte zu ihrem Hintergrund. Die in dem Experiment verwirklichte faktoriellen Kombination der Helligkeitsparameter der Zielworte innerhalb der schnellen Reizdarbietung ermöglicht

neben der Beurteilung ihres Einflusses auf die Erkennungsleistung zusätzlich eine Aussage bezüglich der zur Erklärung des *attentional blink* geäußerten Modellvorstellungen.

3 Experimentelle Prüfung der Fragestellung

Im folgenden werden die Methoden, die Durchführung und die Ergebnisse der vier im vorangehenden Kapitel skizzierten Experimente dargestellt. Die Experimente dienen der Frage nach einer semantischen Verarbeitung von nicht aufmerksam beachteten Worten unter der Benutzung des Paradigmas der schnellen Reizdarbietung. Da sich die methodische Vorgehensweise der Experimente weitgehend entspricht, erfolgt eine detaillierte Beschreibung der Experimentaldurchführung im Rahmen des ersten Experiments. Auf diese Beschreibung wird unter der Heraushebung der vorhandenen Unterschiede bei der Vorstellung der weiteren Experimente Bezug genommen.

Nach einer kurzen Zusammenfassung der Ergebnisse jeder Studie und ihrer Diskussion in diesem Kapitel erfolgt eine umfassende Beurteilung und integrative Diskussion der Ergebnisse aller vier Experimente im folgenden Kapitel 4.

3.1 Nicht berichtbare Worte innerhalb des *attentional blink* lösen einen N400-Effekt aus (Experiment 1)

Das erste Experiment baut auf der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) auf. Die Autoren konnten mittels der Einfügung einer semantischen Bahnungsprozedur in die schnelle Reizdarbietungsaufgabe eine semantische Bahnung von nicht berichtbaren Primeworten im *attentional blink* auf die Erkennungsleistung eines nachfolgenden Probewortes zeigen. Nach den in Kapitel 2.1.3 vorgestellten Überlegungen ließe sich aus diesem Ergebnis die Schlußfolgerung ziehen, daß eine automatische Aktivierungsausbreitung von nicht berichtbaren Worten möglich ist. In Kapitel 2.1.4 wurde jedoch deutlich, daß diese nicht berichtbaren Worte nicht zwingendermaßen auch unaufmerksam oder unbewußt verarbeitete Worte sind. Zum Nachweis einer derartigen Äquivalenz sollte ein Beleg für die zum Verarbeitungszeitpunkt unterschiedliche Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte versus der berichtbaren Worte existieren. Da dieser Nachweis in der genannten Studie nicht erbracht wurde und auch die den *attentional blink* verursachenden Mechanismen nicht vollständig geklärt sind, kann die oben geäußerte Schlußfolgerung nur unter Vorbehalt angenommen werden.

Das erste Experiment versucht nun innerhalb einer einzigen Studie mittels der Erhebung ereigniskorrelierter Potentiale zusätzlich zu der Betrachtung der semantischen Bahnung zu einer Einschätzung der Verarbeitung der Primeworte zu deren Verarbeitungszeitpunkt im *attentional blink* zu kommen. Um sicherzustellen, daß sich die Probeworte tatsächlich außerhalb des durch das erste Zielwort verursachten *attentional blink* befindet, wurden diese nicht an der sechsten seriellen Position nach dem ersten Zielwort wie in der oben genannten Studie, sondern erst an der zehnten Position nach dem ersten Zielwort dargeboten.

3.1.1 Methode

3.1.1.1 Probanden

An dem Experiment nahmen 20 Probanden teil. Acht Probanden mußten jedoch von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden, da entweder weniger als fünf Trails pro experimentellen Bedingung vorlagen oder die Daten ein sehr schlechtes Signal-Rausch-Verhältnis aufwiesen. Von den 12 verbleibenden Probanden waren acht männlich, vier weiblich, die Altersspanne lag zwischen 21 und 35 Jahren (Durchschnittsalter: 25 Jahre). Alle Probanden bezeichneten sich als rechtshändig und deutsch war ihre Muttersprache. Für ihre Teilnahme an dem Experiment wurden sie mit 10 DM pro Stunde oder den entsprechenden Probandenstunden entlohnt.

3.1.1.2 Material

Die Reizdarbietung eines Trials ist in Abbildung 2 (nächste Seite) dargestellt. Den Probanden wurden 1-2 silbige, 3-7 buchstabige deutsche Nomen in großbuchstabiger Schrift (keine Proportionalschrift) dargeboten. Ihre Verweildauer auf dem Bildschirm betrug 16.6 Millisekunden mit einem Interstimulusintervall von 66.6 Millisekunden. Aus diesen Werten resultiert eine Präsentationsrate von 12 Hz. Alle Reize wurden einzeln innerhalb eines schwarzen Rahmens in der Mitte des Bildschirms auf grauem Hintergrund dargeboten. Der Abstand der Probanden zum Bildschirm betrug 40 cm, bei einer Wortlänge von 2.7 cm und einer Schrifthöhe von 1.2 cm ergibt sich für die Breite der Nomen der Wert 1.93° Sehwinkel und für ihre Höhe der Wert 0.86° Sehwinkel.

In die Abfolge schwarzer Distraktorworte wurden drei weiße Zielworte (Target 1, Prime und Probe) eingefügt. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die drei weißen Zielworte zu erkennen und sich bis zum Ende der Wortabfolge zu merken. Damit die Probanden sich nicht auf das zeitliche Erscheinen der ersten Zielworte einrichten konnten, wurde die Menge der vor den ersten Zielworten dargebotenen Distraktoren (Pretargets) von 4-9 variiert. Nach dem ersten Zielwort wurden noch 17 weitere Nomen dargeboten. Die zweiten Zielworte wurde an dritter Position mit einer SOA von 250 Millisekunden nach den ersten Zielworten dargeboten. Diese Position wurde gewählt, da hier das Erkennungsdefizit für einen zweiten Zielreiz am ausgeprägtesten ist (vgl. Raymond et al., 1992). Die dritten Zielworte wurden an der zehnten Position nach den ersten Zielworten mit einer SOA von 833 Millisekunden zu den ersten und einer SOA von 583 Millisekunden zu den zweiten Zielworten außerhalb des durch die Verarbeitung der beiden ersten Zielworte ausgelösten Verarbeitungsdefizits dargeboten. Den dritten Zielworten folgten sieben weitere Distraktoren. Die Darbietung aller Reize wurde aus Gründen der Zeitgenauigkeit durch die vertikale Synchronisation des Bildschirms (Vsync) getriggert.

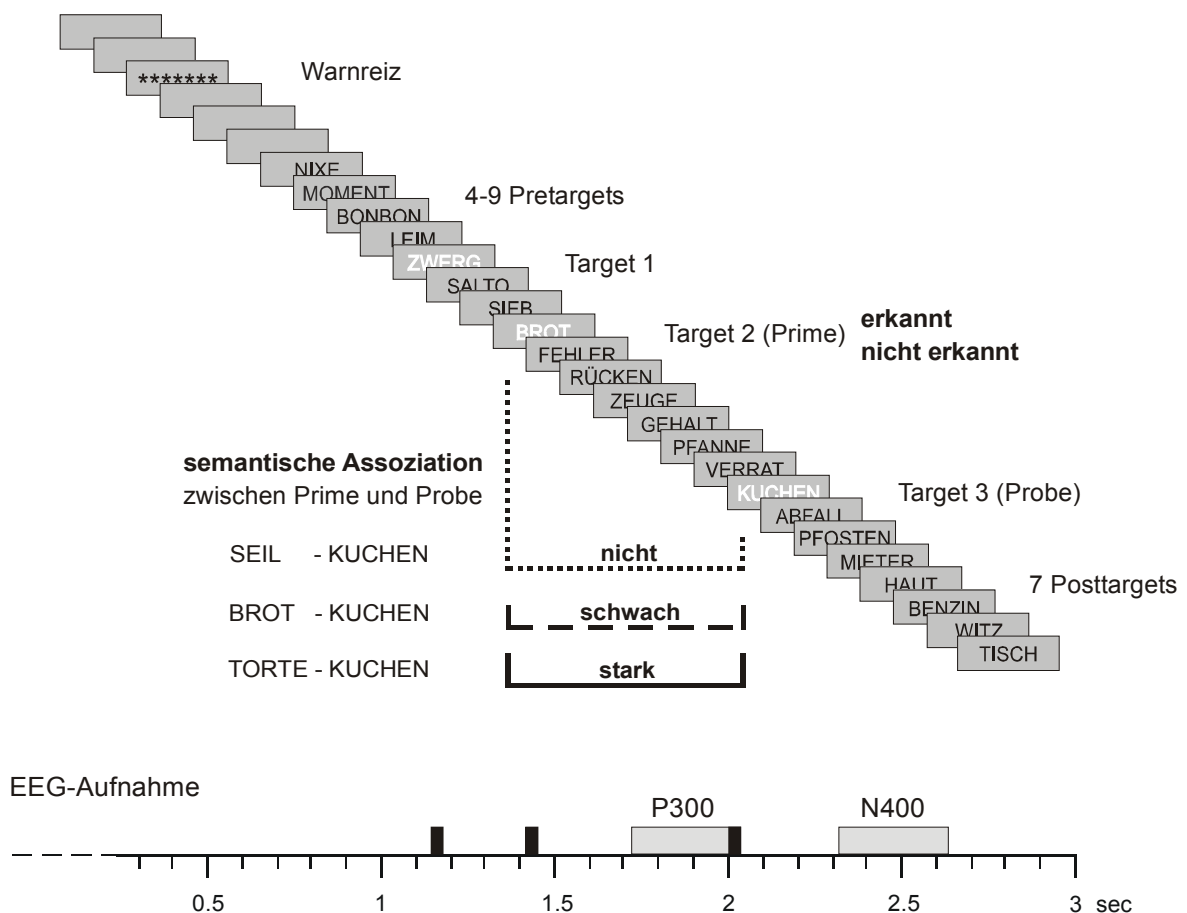


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Reizabfolge des Experiment 1. Die Worte wurden mit einer Präsentationsrate von 12 Hz an der gleichen räumlichen Position dargeboten. Um die semantische Verarbeitung einzuschätzen, wurde die semantische Assoziationsstärke zwischen den zweiten weißen Zielworten (Primes) und den dritten weißen Zielworten (Probes) manipuliert. Die Darbietung der Zielreize und die interessierenden Zeitbereiche der elektrophysiologischen Messung (P300 und N400) sind auf der EEG-Aufzeichnungsachse markiert. Nähere Erläuterungen siehe Text.

Die ersten Zielworte (Target 1) wurde zufällig aus einer Menge von 24 möglichen ersten Zielworten ausgewählt. Diese Worte standen in keiner semantischen Beziehung zu Worten der beiden weiteren Zielwortgruppen oder den Distraktoren (eine Auflistung der verwendeten Nomen befindet sich im Anhang). Die dritten Zielworte (Probes) wurden ebenfalls zufällig aus einer Menge von 24 möglichen Probeworten ausgewählt. Jedes dieser Probeworte besaß ein ihm zugeordnetes semantisch stark assoziiertes und ein semantisch schwach assoziiertes Primewort, woraus sich eine Menge von 48 Primeworten ergibt (das Wortmaterial stammt aus einer Untersuchung von Rösler, Streb & Haan, 2001; zur Erstellung und der Validierung des Materials sei auf diese Quelle verwiesen). Zur Konstruktion der nicht semantisch assoziierten Prime-Probe Paare wurden die gleichen 48 Primeworte benutzt, diese den Probeworten allerdings so zugeordnet, daß keine semantische Beziehung entstand. Um die Menge der während des Experiments vorkommenden Trials mit semantisch assoziierten

(stark oder schwach assoziierte Prime-Probe Paare) und nicht semantisch assoziierten Wortpaaren konstant zu halten, wurden jedem Probe zwei unterschiedliche, nicht semantisch assoziierte Primes zugeordnet. Die so entstandenen 4 Prime-Probe Paare wurden 4 mal in zufälliger Reihenfolge dargeboten. Es ergaben sich demnach 384 Experimentaltials. Die Reihenfolge der Distraktoren, welche zufällig aus einer Menge von 24 nicht zu einem der drei Zielworte semantischen assoziierten Worten ausgewählt wurde, wurde für jeden Trial neu gemischt. Zum Zweck einer vollständigen Maskierung wurden die Leerstellen aller nicht siebenbuchstabigen Worte zuerst am Wortende, dann am Wortanfang mit „X“ aufgefüllt.

Zusätzlich zu den Experimentaltials wurden aus dem Experimentalmaterial 24 Übungstials gebildet. Die Auswahl dieser Reize hierfür erfolgte zufällig und für jeden Probanden neu.

3.1.1.3 Versuchsablauf

Die Probanden starteten einen Trial, indem sie eine Taste auf einem fünftastigen Reaktionsbord drückten. Jeder Trial begann mit der Darbietung des schwarzen Rahmens in der Mitte des Bildschirms. Nach einem variablen Intervall von 500 – 1417 Millisekunden erschien der aus sieben Sternen (*) bestehende Warnreiz für 1100 Millisekunden. In Abhängigkeit von der Anzahl der Pretargets begann nun die Reizsequenz mit dem ersten Distraktorwort 417 – 834 Millisekunden nach Darbietung des Warnreizes. Obwohl durch die variierende Anzahl der Pretargets das zeitliche Erscheinen der ersten Zielworte von den Probanden nicht vorhersagbar war, wurden die Zielreize auf der objektiven Zeitskala immer an der gleichen zeitlichen Position dargeboten: Die ersten Zielworte erschienen 1176 Millisekunden, die zweiten Zielwort 1417 Millisekunden und die dritten Zielwort 2000 Millisekunden nach der Darbietung der Warnreize.

Nach Beendigung der Reizsequenz wurde den Probanden eine aus den 24 möglichen ersten Zielworten bestehende 5*5 Matrix dargeboten. Anhand ihres fünftastigen Antwortbordes sollten sie nun das erste Zielwort innerhalb der Matrix markieren. Hierzu wählten sie zunächst mit einem Tastendruck die entsprechend nummerierte Spalte, dann die nummerierte Zeile aus. Hatten die Probanden ihre erste Auswahl getroffen, wurde ihnen eine zweite Matrix für das zweite Zielwort und eine dritte Matrix für das dritte Zielwort dargeboten.

Zu Beginn des Experiments wurde den Probanden nahegelegt, während des Reizablaufs gleichermaßen auf alle drei Zielworte zu achten. Hatten sie ein Zielwort nicht erkannt, so hatten sie die Möglichkeit, die sich innerhalb jeder Matrix befindlichen Fragezeichen anzugeben. Die Probanden wurden instruiert, innerhalb der Matrizen gezielt nach den Zielworten zu suchen und nicht zu raten. Die Auswahl der Zielworte aus den Matrizen erfolgte ohne Zeitdruck. Die Korrektur eines falschen Tastendrucks war nicht möglich. Den nächsten Trial starteten die Probanden per Tastendruck.

Nachdem sie vier Übungsblöcke (24 Trials) beendet hatten, bearbeiteten die Probanden 64 Blöcke á sechs Trials. Die Erkennungsleistung für die ersten Zielworte sowie die Nummer der folgenden Blocks wurden den Probanden am Ende jedes Blockes rückgemeldet.

3.1.1.4 EEG-Aufzeichnung

Während des Experiments befanden sich die Probanden in einem abgedunkelten Raum. Die Ableitung des Elektroenzephalogramms (EEG) erfolgte monopolar mittels gesinterter Ag-AgCl-Elektroden (In Vivo Metric) von 18 durch das 10/20 Elektrodenpositionierungssystem (nach Jaspers, 1958) definierten Positionen: Fpz, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 und O2 (zur Position der einzelnen Ableitorte auf der Kopfoberfläche siehe Abbildung 3). Als Referenz dienten zwei über einen 5 k Ω Widerstand verbundene Elektroden, die an den Ohrläppchen befestigt wurden. Die Erdung fand durch eine am linken

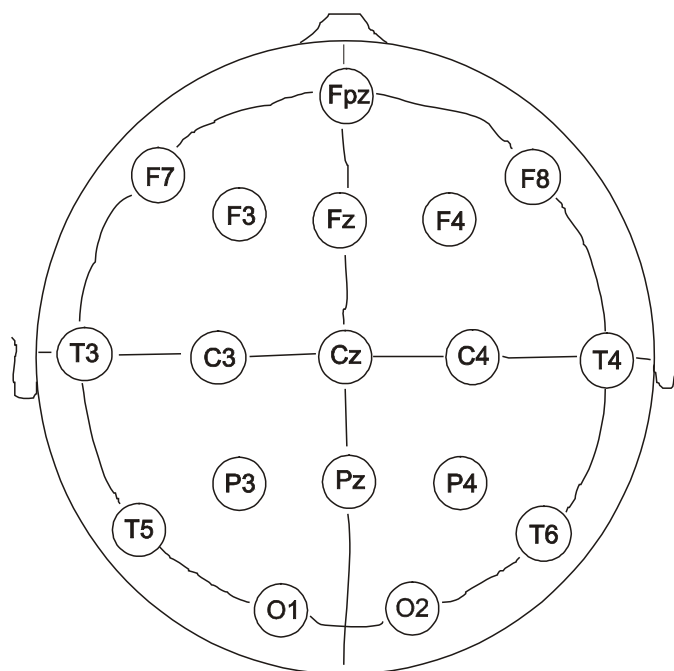


Abbildung 3. Elektrodenpositionierung für die EEG-Experimente. Es ist eine Kopfaufsicht mit nördlicher Nase und ost – westlichen Ohren dargestellt.

Schläfenbein angebrachte Elektrode statt. Die Aufzeichnung der Augenbewegungen (Elektrookkulogramm, EOG) erfolgte bipolar über zwei Kanäle: Laterale Augenbewegungen wurden als Differenzableitungen seitlich beider Augen angebrachter Elektroden aufgenommen, die vertikalen Augenbewegungen wurden als Differenzableitung einer über und einer unter dem Auge angebrachten Elektrode registriert.

Um den Übergangswiderstand zwischen den Elektroden und der Kopfhaut zu verringern, wurden die Ableitorte mit Omniprep-Paste behandelt und mit Isopropanol (70%) gereinigt. Zur Ableitung der Augenaktivität und für die Referenzelektroden wurde die Teca-Elektrodenpaste "Electrode Electrolyte", für die anderen Elektroden die Grass-Paste "EC 2" verwendet. Der

Übergangswiderstand der Kopfelektroden betrug nur in seltenen Fällen mehr als 5 k Ω , der Übergangswiderstand der Augenelektroden lag unter 10 k Ω .

Die EEG- und EOG-Signale wurden mit einem Gleichspannungsverstärker (Firma Tönnis) mit DC und der oberen Grenzfrequenz von 40 Hz verstärkt. Die Verstärkung des Signals erfolgte von 200 μ V auf 1 V, der Verstärkungsbereich wurde auf 10 V eingestellt und die Genauigkeit der Analog-Digital-Wandlung lag bei 12 Bit. Aus diesen Daten resultiert eine Auflösung für das digitale Signal von $\pm 0.25 \mu$ V. Um den Einfluß des Netzrauschens auszuschalten wurde ein 50 Hz Notch-Filter eingeschaltet. Die Abtastrate betrug 128 Hz.

Die Reizdarbietung erfolgte auf einem Farbbildschirm (TARGA TM1710NLD). Die Messung der Leuchtdichte (Meßgerät: Photometer Firma UDT [United Detector Technology] Modell UDT-111c) für den grauen Hintergrund ergab den Wert von 23.4 cd/m²; für die schwarzen Distraktorworte auf diesem Hintergrund ergab sich der Wert von 23.1 cd/m² und für weiße Worte der Wert von 23.4 cd/m².

Die Steuerung und auch die Aufzeichnung der Verhaltensdaten wurde von einem ATARI TT erbracht. Die Steuerung, Digitalisierung und Speicherung der elektrophysiologischen Daten fand durch einen Rechner der Firma Rhotron in Kommunikation mit dem ATARI TT statt. Zur Synchronisation der Steuerung befanden sich die beiden Rechner über ihre Schnittstellen in Kontakt.

3.1.1.5 Auswertung

Die aufgezeichneten Daten der einzelnen Probanden wurden nach Artefakten untersucht und diese, wenn nötig korrigiert. Zunächst wurden innerhalb des vertikalen EOG-Kanals vertikale Augenbewegungen mittels eines Woody-Filters programmgesteuert entdeckt. Lagen die Augenbewegungen in dem für die Betrachtung der EKP relevanten Zeitbereich, so wurden die betreffenden Trials von der Auswertung ausgeschlossen. Im anderen Fall wurde der betreffende Zeitbereich in den übrigen Kanälen linear interpoliert. Zusätzlich wurden die Daten nach weiteren Artefakten (weitere Augenbewegungen, sonstige Körperbewegungen, Aufzeichnungsfehler) untersucht und einige Trials gegebenenfalls ebenfalls von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Die durch die bei DC-Ableitungen auftretende Gleichspannungsdrift veränderten Amplitudenwerte wurden nach dem Verfahren von Hennighausen, Heil und Rösler (1993) korrigiert.

Nun wurden die ereigniskorrelierten Potentiale pro Proband und experimenteller Bedingung gemittelt. Es gelangten nur Trials in die Endauswertung der ereigniskorrelierten Potentiale, in denen die Probanden das erste und das dritte Zielwort korrekt in den Matrizen markiert hatten.

Als abhängige Variablen des varianzanalytischen Verfahrens dienten sowohl die Erkennungsleistungen der drei Zielworte als auch die EKP-Amplituden. Zur Bestimmung der Amplitudenwerte der N400 diente die mittlere Amplitude des Zeitbereiches 312.5 – 625 Millisekunden nach Darbietung des Probes, die mittleren Amplitudenwerte des Zeitbereiches 312.5 – 625 Millisekunden nach Darbietung des Primes bildeten die Werte für die P300. Als

Grundlinie zur Ermittlung der Amplitudenwerte wurde der Zeitbereich 125 Millisekunden vor Darbietung des betreffenden Zielwortes gewählt.

Die Auswertung der Daten erfolgte nach varianzanalytischem Verfahren unter Benutzung des Programms SAS und der Prozedur ANOVA. Die Ergebnisse sämtlicher Varianzanalysen wurden, wenn nötig, nach den Formeln von Huynh und Feldt (nach Bortz, 1993) korrigiert, um mögliche Verletzungen der Kovarianz-Homogenitäts-Annahme auszugleichen.

Um eine Einschätzung des Ausmaßes des Erkennungsdefizits für das zweite Zielwort (Prime) zu erlangen, wurde zunächst die Erkennungsleistung für die drei Zielworte überprüft. Die quasiexperimentelle Manipulation des Erkennens versus Nichterkennens des Primes ging nun in die weitere Auswertung der semantischen Bahnung als Faktor ein. Somit ergab sich ein Meßwiederholungsdesign mit den Faktoren Primeerkennung (2 stufig, erkannt, nicht erkannt) und semantischer Beziehung zwischen Prime und Probe (dreistufig, semantisch stark, schwach oder nicht assoziiert). Trials, in denen die Probanden das Target 1 nicht richtig erkannten, wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Eine Einschätzung möglicher Verarbeitungsunterschiede zwischen später erkannten versus nicht erkannten Primes erlaubt der Vergleich der Amplitudenwert der P300 für die beiden Erkennungsbedingungen. Abhängige Variable für die Einschätzung der semantischen Bahnung für erkannte bzw. nicht erkannte Primes (Faktor Erkennungsleistung des Primes, erkannt, nicht erkannt) waren die Amplitudenwerte der N400 für den dreigestuften Faktor der semantischen Assoziiiertheit (dreistufig, semantisch stark, schwach oder nicht assoziiert) zwischen Primes und Probes.

3.1.2 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse des Experiments dargestellt. Es wird zunächst auf die Verhaltensdaten, die Erkennungsleistung der Zielworte, und dann auf die ereigniskorrelierten Potentiale (P300 und N400) eingegangen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier (und auch in den weiteren Experimenten) jedoch nicht alle Ergebnisse der durchgeführten Varianzanalysen berichtet, sondern nur den mit den Hypothesen in direktem Zusammenhang stehenden Ergebnissen Beachtung geschenkt. Die vollständigen Ergebnisse der Varianzanalysen sind den Tabellen im Anhang zu entnehmen.

3.1.2.1 Verhaltensdaten

Abbildung 4 (nächste Seite) zeigt die prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielworte. Die Erkennungsleistungen für die zweiten und dritten Zielworte bezieht sich auf diejenigen Trials, in denen die ersten Zielwort (Target 1) richtig erkannt wurden. Target 1 wurde in 82 % aller Trials richtig erkannt. Die Erkennung der zweiten Zielworte (Primes) allerdings war mit nur 49.17 % stark beeinträchtigt. Der Vergleich mit der Erkennung der Probes (73.14 %) macht die schlechte Erkennungsleistung der Primes deutlich (Vergleich Erkennungsleistung Prime – Probe: $F(1,11) = 36.75$; $p(F) < 0.01$). Sowohl die Erkennungsleistungen der Primes

als auch die der Probes unterscheiden sich von der Erkennung des Target 1 (Vergleich Erkennungsleistung Target 1 – Prime: $F(1,11) = 31.37$; $p(F) < 0.01$, Vergleich Erkennungsleistung Target 1 – Probe: $F(1,11) = 7.01$; $p(F) < 0.05$).

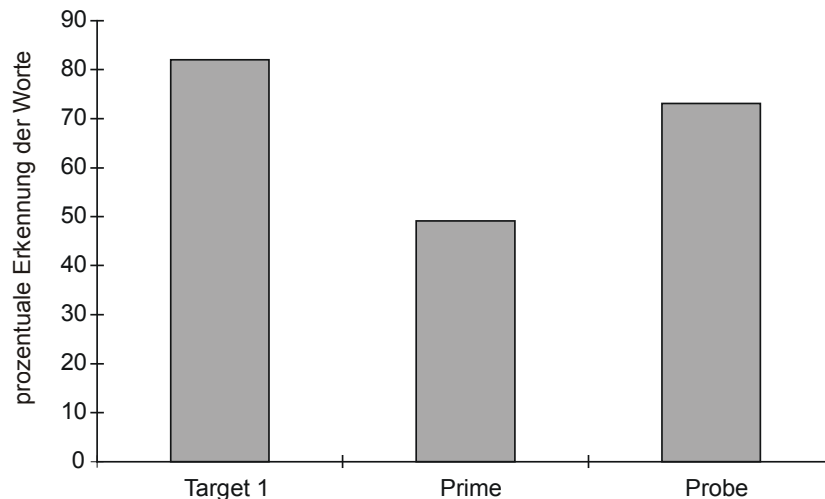


Abbildung 4. Prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielworte

Abbildung 5 (nächste Seite) zeigt die Erkennungsleistung der Probes in Abhängigkeit von der Erkennungsleistung der Primes (erkannt versus nicht erkannt) und in Abhängigkeit der semantischen Assoziiertheit der Probes von den Primes. Der Haupteffekt der Erkennungsleistung der Probes in Abhängigkeit von der Erkennungsleistung der Primes ($F(1,11) = 21.24$; $p(F) < 0.01$) zeigt eine bessere Erkennungsleistung der Probes, wenn die Primes vorher erkannt wurden.

Unabhängig von der Erkennung der Primes hat die Assoziiertheit der Prime-Probe Wortpaare zunächst keinen Einfluß auf die Erkennungsleistung der Probes (Haupteffekt Assoziiertheit: $F(2,22) = 2.35$; $p(F) > 0.1$). Es zeigt sich jedoch ein je nach der Primeerkennung unterschiedliches Muster der Probeerkennung. Die Interaktion zwischen der Erkennungsleistung der Primes und der semantischen Assoziiertheit ($F(2,22) = 5.92$; $p(F) < 0.01$) macht den unterschiedlichen Einfluß der semantischen Assoziiertheit zwischen Primes und Probes im Vergleich von erkannten versus nicht erkannten Primes deutlich.

Im Fall der erkannten Primes macht sich ein semantischer Bahnungseffekt bemerkbar (Haupteffekt semantische Assoziiertheit: $F(2,22) = 5.25$; $p(F) < 0.05$): Die Erkennungsleistung der Probes steigt mit steigender Assoziiertheit der Prime-Probe Paare (Vergleich semantisch nicht assoziierte Wortpaare – semantisch schwach assoziierte Wortpaare: $F(1,11) = 4.96$; $p(F) < 0.05$, Vergleich semantisch nicht assoziierte Wortpaare – semantisch stark assoziierte Wortpaare: $F(1,11) = 9.61$; $p(F) < 0.05$, der dritte Vergleich semantisch schwach assoziierte Wortpaare – semantisch stark assoziierte Wortpaare wurde nicht signifikant: ($F(1,11) = 1.42$; $p(F) = 0.26$).

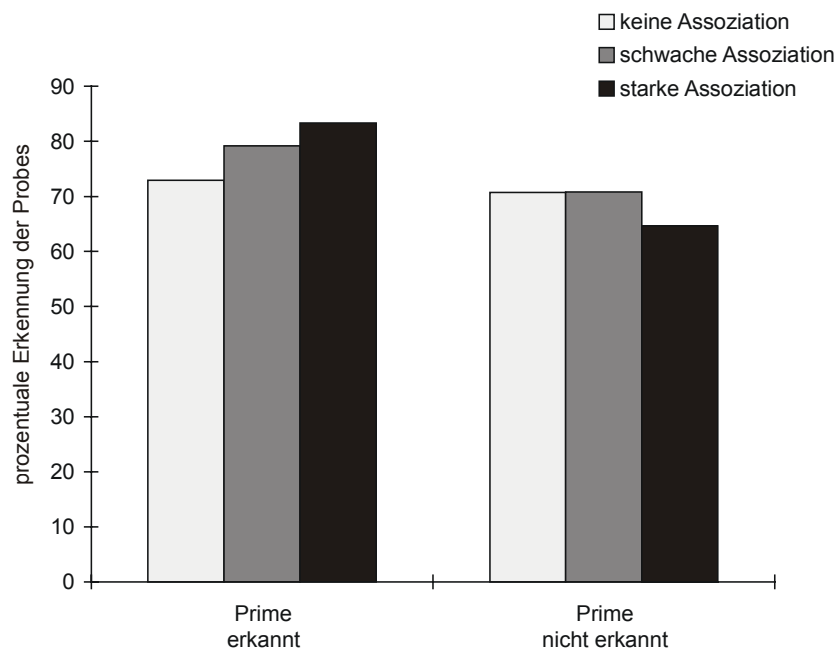


Abbildung 5. Prozentuale Erkennungsleistung der Probes in Abhängigkeit der Erkennungsleistung der Primes (erkannt versus nicht erkannt) und in Abhängigkeit der semantischen Assoziiertheit der Probes von den Primes.

Die nicht erkannten Primes üben im Gegensatz zu erkannten Primes keine bahnende Wirkung auf die Erkennungsleistung der Probes aus. Es findet sich zwar ein Haupteffekt der semantischen Assoziiertheit ($F(2,22) = 4.37$; $p(F) < 0.05$), doch dieser geht zurück auf eine schlechtere Erkennungsleistung der semantisch stark assoziierten Wortpaare im Vergleich zu den semantisch schwach ($F(1,11) = 9.73$; $p(F) < 0.01$) oder semantisch nicht assoziierten Wortpaaren ($F(1,11) = 5.31$; $p(F) < 0.05$). Ein Unterschied in der Erkennungsleistung der Probes zwischen semantisch nicht und semantisch schwach assoziierten Wortpaaren lässt sich nicht feststellen ($F(1,11) = 0$; $p(F) = 0.98$).

3.1.2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

3.1.2.2.1 P300

Um Unterschiede in der Verarbeitung der Primes, welche später in ihrer Erkennung beziehungsweise Nichterkennung resultieren, zu untersuchen, wurden die Potentiale nach der Erkennung und Nichterkennung getrennt gemittelt und die von den Primes evozierte P300 betrachtet. Abbildung 6 (nächste Seite) zeigt diese Kurven an ausgewählten, posterioren Elektrodenpositionen.

Die Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich bestätigt mit der Interaktion der beiden Faktoren Ableitort und Erkennung der Probes ($F(17,187) = 4.27$; $p(F) < 0.01$) den sichtbaren Unterschied in der P300 Amplitude: Erkannte Primes evozieren im Vergleich zu den später nicht erkannten Primes eine deutlich stärkere Positivierung (P300). Es macht sich also schon kurz nach Darbietung und während der Verarbeitung der Primes ein Unterschied zwischen den beiden experimentellen Bedingungen (erkannte versus nicht erkannte Primes) bemerkbar. Elektrodenspezifische Analysen ergeben reliable Effekte an den Ableitorten Fz, Cz und P4 ($F(1,11) = 5.61, 5.48$ und 5.55 ; alle $p(F) < 0.05$) und marginale Effekte an den Ableitorten P3 und Pz ($F(1,11) = 4.55$ und 4.53 ; beide $p(F) < 0.06$).

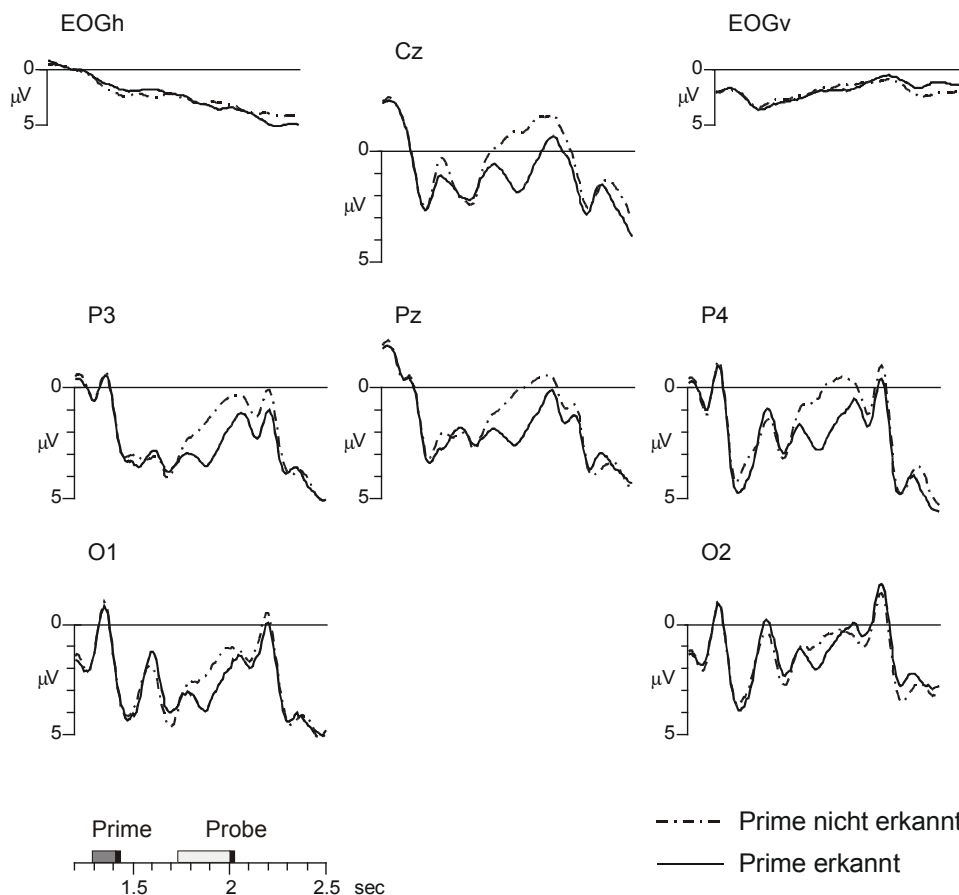


Abbildung 6. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt an ausgewählten posterioren Ableitorten. Die Potentiale sind in Abhängigkeit von der Erkennung der Primes (durchgezogene Linie) und deren Nicht-Erkennung (gestrich-punktete Linie) gemittelt. Die Darbietung der Primes, der Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der P300 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

3.1.2.2.2 N400

Einen Aufschluß über den Einfluß der semantischen Assoziation zwischen den Probes und den vorangegangenen Primes ergibt neben den Verhaltensdaten eine Betrachtung der durch die Probes evozierten ereigniskorrelierten Potentiale im Zeitbereich der N400.

Abbildung 7 zeigt die von den Probes evozierten ereigniskorrelierten Potentiale für den Fall der *erkannten Primes* an posterioren Ableitorten.

Die Assoziationsstärke der Probes zu den vorangegangenen Primes beeinflusst die von den Probes evozierten Potentiale (Faktor Assoziation: $F(2,22) = 9.33$; $p(F) < 0.01$). Die

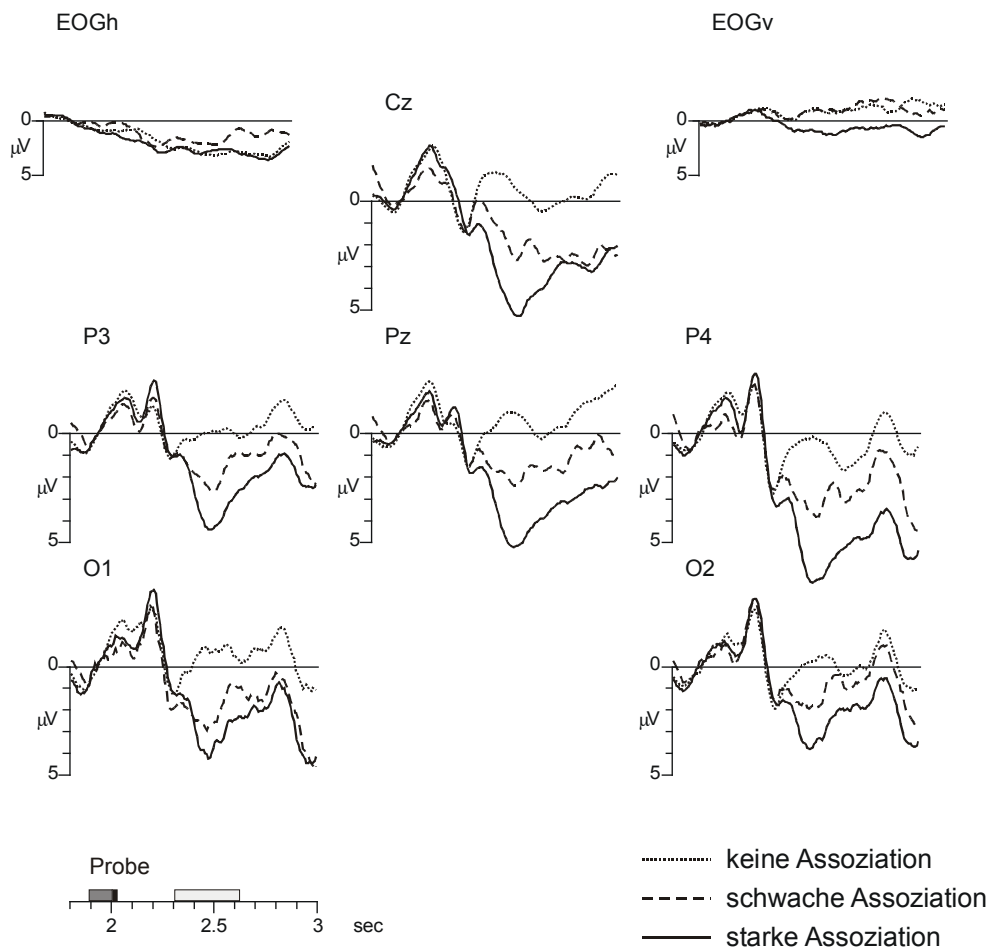


Abbildung 7. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt für den Fall der erkannten Primes und in Abhängigkeit von den Assoziationsbedingung. Die Darbietung der Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der N400 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

Potentiale sind umso negativer, je schwächer die semantische Assoziation zwischen Prime und Probe ist. Dieser N400-Effekt ist relativ weit über die Ableitorte verbreitet, jedoch an posterioren Ableitorten am ausgeprägtesten (Interaktion der Faktoren Ableitort und Assoziation: $F(34,374) = 2.71$; $p(F) < 0.05$). Elektrodenspezifische Analysen zeigen eine

Beeinflussung der N400 Amplitude von der Assoziation der Wortpaare an den Ableitorten Fz, C3, Cz, C4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 und O2 ($F(2,22) = 4.78, 4.55, 9.47, 7.66, 7.58, 8.40, 12.06, 12.29, 11.03, 12.74$ und 10.06 , alle $p(F) < 0.05$). Obwohl der visuelle Anblick der Potentiale eine andere Einschätzung vermittelt, wird der Unterschied zwischen den Potentialen schwach und stark assoziierter Wortpaare nur an dem Ableitort O2 (Kontrast schwach – stark assoziiert: $F(1,11) = 5.70$; $p(F) < 0.05$) signifikant. Knapp nicht mehr signifikante P-Werte ($0.1 > p(F) > 0.05$) allerdings ergibt die Analyse dieses Vergleichs noch für die Ableitorte Cz, C4, Pz und P4 mit $F(1,11)$ -Werten von 3.96, 3.55, 3.80 und 4.64.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß innerhalb der Versuchsanordnung der schnellen Reizdarbietungsaufgabe semantisch assoziierte, erkannte Primes einen bahrenden Einfluß auf die Probes ausüben.

Abbildung 8 zeigt die von den Probes evozierten ereigniskorrelierten Potentiale für den Fall der während des *attentional blink* nicht erkannten Primes an posterioren Ableitorten.

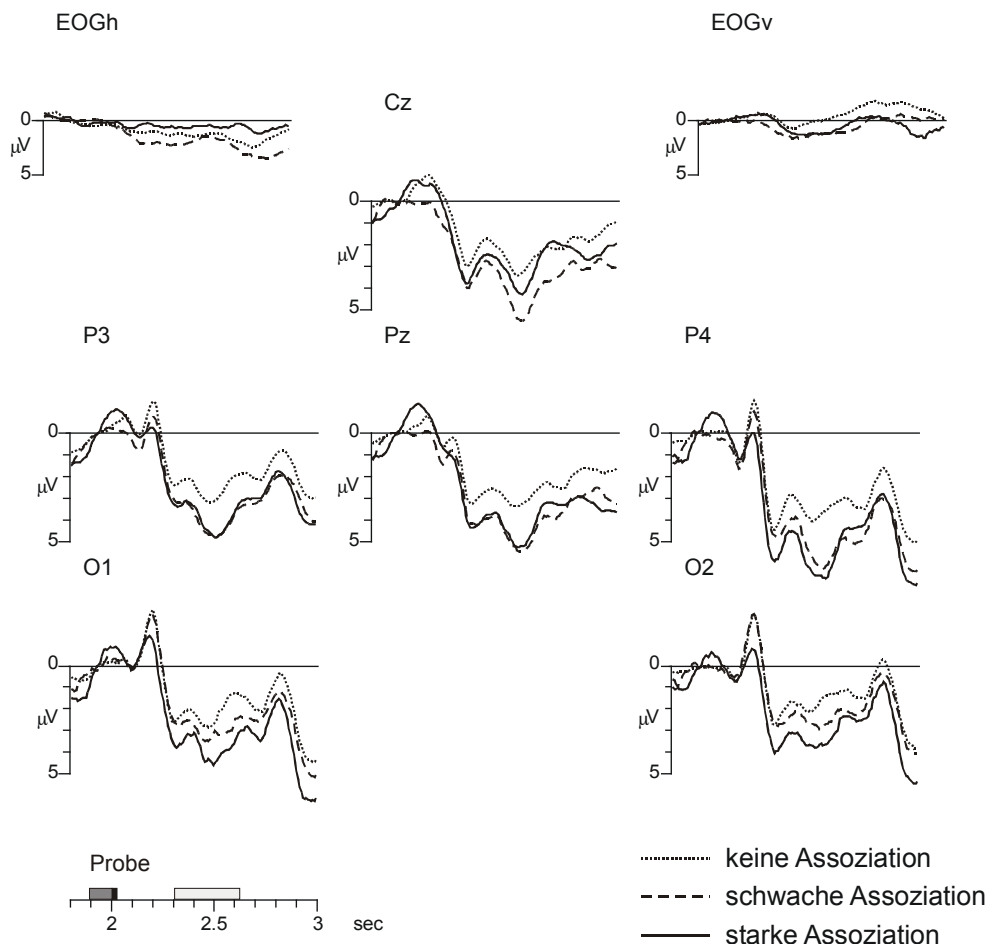


Abbildung 8. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt für den Fall der nicht erkannten Primes und in Abhängigkeit von den Assoziationsbedingung. Die Darbietung der Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der N400 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

Auch für diesen Fall stellt sich eine Amplitudenmodulation der N400 in Abhängigkeit von der Assoziationsstärke der vorangehenden Primes ein (Faktor Assoziation: $F(2,22) = 7.03$; $p(F) < 0.01$). Elektrodenspezifische Analysen ergeben einen N400-Effekt an den Ableitorten Fz, C4, P3, Pz, P4, O1 und O2 (Faktor Assoziation: $F(2,22) = 5.07, 5.71, 6.40, 5.66, 4.98, 4.03$ und 4.78 , alle $p(F) < 0.05$). Eine unterschiedliche Beeinflussung der Amplituden der Probes durch die stark und die schwach assoziierten Primes stellt sich wiederum nur an dem Ableitort O2 (Kontrast schwach – stark assoziiert. $F(1,11) = 4.90$; $p(F) < 0.05$) ein. Knapp nicht mehr signifikante P-Werte ($0.1 > p(F) > 0.05$) jedoch ergeben sich für die Ableitorte T5 und O1 mit den $F(1,11)$ -Werten von 4.24 und 3.90 .

Ein Vergleich des Assoziationseffektes unter den beiden Erkennungsbedingungen der Primes (erkannt versus nicht erkannt) bietet sich durch die Hauptanalyse an. Auch hier macht der Haupteffekt des Faktors Assoziation ($F(2,22) = 13.24$; $p(F) < 0.01$) den bahnenden Einfluß assoziierter Primes auf die ereigniskorrelierten Potentiale der Probes an hauptsächlich posterioren Ableitorten (Interaktion der Faktoren Ableitort und Assoziation $F(34,374) = 3.78$; $p(F) < 0.01$) deutlich. Es kommt zwar zu einem Einfluß der Erkennung der Primes auf die Amplitudenwerte der durch die Probes evozierten N400 Potentiale (Faktor Erkennung: $F(1,11) = 11.44$; $p(F) < 0.01$), jedoch zu keiner signifikanten Interaktion der Faktoren Erkennung und Assoziation ($F(2,22) = 3.00$; $p(F) = 0.08$) oder einer Interaktion der Faktoren Ableitort, Erkennung und Assoziation ($F(34,374) = 0.93$). Trotz einer geringeren Ausprägung des N400-Effektes im Fall der nicht erkannten Primes, die durch die fast signifikante Interaktion der Faktoren Erkennung der Primes und Assoziation (siehe oben) deutlich wird, gibt es keine qualitativen oder topographischen Unterschiede in dem N400-Effekt in Abhängigkeit von der Erkennung der Primes.

Es bleibt demnach festzuhalten, daß nicht erkannte Primes in gleicher Weise wie erkannte Primes eine bahnende Wirkung auf die N400 Amplituden eines nachfolgenden Probes ausüben können.

3.1.3 Diskussion

In der nachfolgenden Diskussion soll eine erste Einschätzung der gewonnenen Ergebnisse erfolgen. Hierzu werden die Ergebnisse nochmals kurz zusammengefaßt.

3.1.3.1 Verhaltensdaten

Die Erkennungsleistung der an der dritten seriellen Position nach den ersten Zielworten dargebotenen Primes ist im Vergleich zu der Erkennungsleistung für die später dargebotenen Probes beeinträchtigt. Die oftmals zur Einschätzung des in der schnellen Reizdarbietung auftretenden Verarbeitungsdefizits herangezogene Kontrollbedingung, in der die ersten Zielreize nicht beachtet werden sollen, wurde in dem durchgeführten Experiment nicht verwirklicht. Nichtsdestotrotz läßt der zeitlich bedingte Unterschied in der Erkennungsleistung für die Primes und die Probes in der vorliegenden Studie den Schluß zu, daß ein *attentional*

blink stattgefunden hat. Dieses Ergebnis verdeutlicht somit die gelungene Bestätigung der bei vergleichbaren Reizpräsentationsbedingungen erzielten Resultate von Shapiro, Driver et al. (1997).

Keine Bestätigung jedoch kann das von den oben genannten Autoren berichtete Ergebnis einer verbesserten Erkennung semantisch assoziierter Probes durch nicht berichtbare Primes finden. Da sich im Fall der erkannten Primes der erwartete bahnenden Einfluß semantisch stark und schwach assoziierter Primes auf die Erkennungsleistung der Probes deutlich macht, können diese diskrepanten Ergebnisse nicht auf pure Unterschiede im verwendeten Wortmaterial und einer möglicherweise damit einhergehenden schlechteren Eignung des verwendeten Wortmaterials zurückgeführt werden.

Im Gegensatz zu dem von den oben genannten Autoren erzielten bahnenden Einfluß nicht berichtbarer Primes auf die Erkennung der semantisch assoziierten Probes ist im vorliegenden Experiment ein umgekehrter Effekt, also eine verschlechterte Erkennungsleistung semantisch stark assoziierter Probes durch nicht berichtbare Primes feststellbar. Obwohl in Kapitel 2.1.3.2 die Möglichkeit des Auftretens inhibitorischer Effekte durch maskierte Primes erwähnt wurde (siehe Balota, 1983), ist dieses Ergebnis hier zunächst unerwartet. Da sich im dritten Experiment der vorliegenden Arbeit eine Bestätigung dieses inhibitorischen Einflusses nicht erkannter Primes auf die Erkennungsleistung der assoziierten Probes abzeichnet, soll einer Erklärung dieses Ergebnisses an späterer Stelle ausführlicher nachgegangen werden.

3.1.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

Die von den Primes evozierte P300 unterscheidet sich in Abhängigkeit der Erkennung der Primes: Nach Abfolge der schnellen Reizdarbietung nicht mehr berichtbare Primes lösen an einigen Ableitpositionen eine deutlich verringerte (beziehungsweise keine) P300 aus. Nach den in Kapitel 2.2.3 dargelegten Vorstellungen zur Entstehung der P300 kann angenommen werden, daß die nicht berichtbaren Primes nicht explizit erkannt worden sind. Dieses Ergebnis hat eine entscheidende Bedeutung für die Interpretation der weiteren Ergebnisse des Experiments. Die Unterschiede in der von dem Prime evozierten P300 zeigen auf, daß sich später berichtbare versus nicht berichtbare Primes bereits kurz nach ihrer Darbietung unterscheiden und bieten somit einen starken Hinweis auf den in Kapitel 2.1.4 geforderten Nachweis der Unterschiedlichkeit der Verarbeitung bewußter versus unbewußter Reize zum Zeitpunkt ihrer Verarbeitung.

Anhand der bislang dargestellten Ergebnisse werden die Verarbeitungsunterschiede zwischen berichtbaren und nicht berichtbaren Primes deutlich: Berichtbare Primes lösen eine starke P300 aus und bewirken eine semantische Bahnung nachfolgender Probes. Im Gegensatz hierzu ist die von den nicht berichtbaren Primes evozierte P300 verringert und es macht sich kein bahnender, sondern eher ein hemmender Einfluß dieser Primes auf die Erkennungsleistung der nachfolgenden, semantisch assoziierten Probes bemerkbar. Dieser inhibitorische Effekt allerdings deutet bereits eine – wie auch immer gestaltete – semantische Verarbeitung der nicht berichtbaren Primes an. Wären die nicht berichtbaren Worte lediglich

nicht verarbeitet worden, so hätte es diese unterschiedlichen Erkennungsleistungen der Probes in Abhängigkeit der semantischen Assoziation nicht geben dürfen.

Ein direkter Nachweis einer semantischen Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte gelang nun anhand des N400-Effektes. Trotz der genannten Verarbeitungsunterschiede und der Tatsache, daß sie nicht angegeben werden können, lösen die nicht berichtbaren Primes einen N400-Effekt aus. Dieser N400-Effekt unterscheidet sich qualitativ nicht von dem N400-Effekt, der durch berichtbare Primes ausgelöst wird.

3.1.3.3 Einschätzung

Obwohl das Ergebnis einer möglichen semantischen Bahnung von nicht berichtbaren Worten im *attentional blink* des Experiments von Shapiro, Driver et al. (1997) auf der Verhaltensebene nicht bestätigt werden kann, stellt sich mittels des N400-Effektes dennoch eine semantische Bahnung heraus. Dieses Ergebnis macht eine semantische Analyse der nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* deutlich. Es zeigt weiterhin, daß diese semantische Analyse Auswirkungen auf die semantische Verarbeitung nachfolgender Worte ausüben kann.

Die „Online-Messung“ der Verarbeitung der Primes offenbart Verarbeitungsunterschiede zwischen berichtbaren versus nicht berichtbaren Primes. Dieses Ergebnis bietet einen starken Hinweis darauf, daß Worte, die im *attentional blink* dargeboten werden und nach Abfolge der schnellen Reizdarbietung nicht berichtet werden können, tatsächlich nicht vollständig verarbeitet werden. Die abgeschwächte P300 für diese Worte spricht nach den in Kapitel 2.2.3 dargestellten Deutungen der P300 für eine lediglich implizite Erkennung der nicht berichtbaren Primes. Diese unvollständige Verarbeitung äußert sich in Einklang mit den Überlegungen zur Entstehung der P300 (siehe z.B. Donchin, 1988) so offenbar auch in der Tatsache, daß diese Worte später nicht mehr berichtet werden können. Im Sinn der von Holender (1986) und Merikle und Daneman (2000; siehe Kapitel 2.1.4) geforderten Kriterien zur Unterscheidung zwischen aufmerksamer (bewußter) und nicht aufmerksamer (unbewußter) Verarbeitung können die Unterschiede der P300 als Hinweis auf die Erfüllung dieses Kriteriums angesehen werden: Mittels der Messung der ereigniskorrelierten Potentiale können tatsächlich zum Zeitpunkt der Reizverarbeitung auftretende Verarbeitungsunterschiede ausgemacht werden (siehe allerdings unten). Als bedeutsames Ergebnis des ersten Experiments kann demnach die Auslösung der automatischen Aktivierungsausbreitung von nicht aufmerksam verarbeiteten Worten festgehalten werden.

Warum jedoch läßt sich anhand der Erkennungsleistung der Probes kein Einfluß der semantischen Verarbeitung der unaufmerksam verarbeiteten Primes bemerken und somit das Ergebnis von Shapiro, Driver et al. (1997) nicht replizieren?

Um die Probes wirklich außerhalb des erwarteten, von der aufmerksamen Verarbeitung der ersten Zielworte verursachten *attentional blink* darzubieten, wurden sie in dem vorliegenden Experiment nicht an der in der Studie der oben genannten Autoren verwirklichten sechsten seriellen Position nach dem ersten Zielwort, sondern an der zehnten

seriellen Position nach dem ersten Zielwort dargeboten. Aufgrund der Ergebnisse von Verhaltensstudien wurde die automatische Aktivierungsausbreitung als schnell wirksam werdender, jedoch auch schnell wieder zerfallender Prozeß beschrieben. Als Erklärung für die diskrepanten Ergebnisse der semantischen Bahnung der Erkennungsleistung für die Probes bietet sich folglich der in den beiden Studien verwirklichte, unterschiedliche zeitliche Abstand zwischen der Darbietung der Primes und der Probes an. Es könnte vermutet werden, aufgrund des geringeren zeitlichen Abstandes in der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) sei hier der Verarbeitungsvorteil für die Probes noch anhand der Erkennungsleistung meßbar, während dieser in dem vorliegenden Experiment aufgrund des längeren Zeitabstandes bereits abgeklungen sei. Diese Überlegungen nun lassen zwei Schlüsse zu. Da nach den in Kapitel 2.2.2 dargelegten Ergebnissen davon auszugehen ist, daß der N400-Effekt sowohl automatische als auch kontrollierte semantische Mechanismen abbildet, bestünde die Möglichkeit, daß mit dem N400-Effekt nicht die automatische Aktivierungsausbreitung unaufmerksam verarbeiteter Worte gemessen wurde, sondern ein anderer, dem N400-Effekt unterliegender, kontrollierter Mechanismus. Dieser Erklärungsmöglichkeit stehen allerdings die nachgewiesenen Hinweise auf die Verarbeitungsunterschiede berichtbarer versus nicht berichtbarer Primes entgegen (für eine kritische Betrachtung der Ergebnisse der P300 siehe jedoch unten). Zudem müßte sich dieser mittels des N400-Effektes meßbare, kontrollierte Bahnungsmechanismus spezifisch nur in den ereigniskorrelierten Potentialen, nicht jedoch in den Erkennungsleistungen für die Probes ausdrücken. Nach den in Kapitel 2.2.2 dargestellten Befunden ist diese Möglichkeit jedoch eher als unwahrscheinlich anzusehen.

Als zweite und meiner Ansicht nach wahrscheinlichere Erklärungsmöglichkeit für die diskrepanten Ergebnisse bietet sich vielmehr eine weitergehende Charakterisierung des N400-Effektes an: Bestätigt durch die Dissoziation der mittels Verhaltensdaten und mit der Messung der ereigniskorrelierten Daten erfaßbaren semantischen Bahnung in dem vorliegenden Experiment würde sich in diesem Sinn die schon in der Einleitung (siehe Kapitel 2.2.2) erwähnte, größere Sensitivität der ereigniskorrelierten Messung im Vergleich zu der Messung von Verhaltensdaten äußern⁶. Demnach ließe sich die durch unaufmerksam verarbeitete Worte ausgelöste automatische Aktivierungsausbreitung mit dem N400-Effekt noch nachweisen, wenn die auf der Ebene der Erkennungsleistung meßbaren Effekte bereits verschwunden sind.

⁶ Es soll an dieser Stelle betont werden, daß hier zunächst nicht angenommen wird, mit den ereigniskorrelierten Potentialen und den Verhaltensdaten ließen sich qualitativ unterschiedliche semantische Mechanismen erfassen. Es wird vielmehr angenommen, es handele sich um die Messung der automatischen Aktivierungsausbreitung. In Kapitel 2.2.2 wurde dargelegt, daß es bezüglich der durch den N400-Effekt abbildbaren Mechanismen unterschiedliche Vorstellungen gibt. Die aus der Dissoziation zwischen dem N400-Effekt und den Verhaltensdaten gezogenen Schlußfolgerung, die N400 sei das sensitivere Maß für die automatische Aktivierungsausbreitung hat somit für die Interpretation des N400-Effektes bedeutsame Implikationen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll auf diesen Aspekt des Ergebnisses jedoch nicht detaillierter eingegangen werden. Für eine ausführlichere Darstellung siehe Rolke, Heil, Streb und Hennighausen (2001).

Zu der Überprüfung der Hypothese des zeitlichen Zerfalls der mit Verhaltensdaten meßbaren automatischen Aktivierungsausbreitung bietet sich eine Manipulation der SOA zwischen Primes und Probes innerhalb eines Experiments an. Nach den oben geäußerten Überlegungen sollte sich bei einer der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) vergleichbaren, kurzen SOA ein bahnender Einfluß der unbewußten Primeaktivierung auf die Erkennungsleistung für die Probes ergeben, bei längeren SOAs jedoch sollte diese anhand der Verhaltensdaten nicht mehr nachweisbar sein. Ein derartiger Versuchsansatz wird im dritten Experiment dieser Arbeit verfolgt.

Da den Ergebnissen der P300 im Rahmen der geforderten Kriterien (siehe Kapitel 2.1.4) eines tatsächlichen Verarbeitungsunterschiedes bezüglich der Klassifizierung der nicht berichtbaren Primes als „unaufmerksam“ eine große Bedeutung zukommt, soll an dieser Stelle nochmals auf sie eingegangen werden. Es muß erwähnt werden, daß die Amplitudenwerte der P300 aus der mit der Erhebung ereigniskorrelierter Potentiale einhergehenden, üblichen Mittelung mehrerer Trials resultiert. Zur Einschätzung der Bedeutung dieses Vergleichs der durch die berichtbaren versus nicht berichtbaren Primes hervorgerufenen P300 soll nun eine Betrachtung möglicher mit diesem Effekt einhergehender Interpretationsschwierigkeiten vorgenommen werden. Diese Interpretationsprobleme hängen mit der Berichtbarkeits-Klassifizierung der Primes aufgrund ihrer Auswahl in den Matrizen nach der Abfolge der kompletten Reizdarbietung zusammen.

Die Probanden sollten die dargebotenen Primes erst nach der Abfolge der schnellen Reizdarbietung angeben. Es besteht also theoretisch die Möglichkeit, daß sie eine falsche Auswahl der Worte in den Matrizen trafen. So könnten sich die Probanden einerseits bei der Auswahl der Worte in den Matrizen strategisch verhalten haben und hieraus könnte eine falsche Kategorisierung der verarbeiteten Primes als berichtbar beziehungsweise als nicht berichtbar resultieren: Zwar wurden die Probanden aufgefordert, nicht zu raten, es besteht aber dennoch die Möglichkeit, daß sie aufgrund der erkannten Probes semantisch assoziierte Primes angaben, obwohl sie diese eigentlich nicht hätten berichten können. Aus dieser Angabe würden wahrscheinlich in einigen Fällen nicht erkannte Primes richtig geraten werden und somit in die Mittelung der berichtbaren Primes fallen. Unter der gerechtfertigten Annahme, vollständig verarbeitete Primes riefen eine P300 hervor, nicht erkannte jedoch nicht, würde sich unter diesen Umständen die gemittelte P300 der erkannten Primes verringern. Wären solche Fälle öfter vorgekommen, so sollten sich die von den „berichtbaren“ Primes evozierten P300 der der nicht berichtbaren Primes annähern. Da sich jedoch der Unterschied zwischen den berichtbaren und den nicht berichtbaren Primes einstellte, kann dieser Einfluß als gering eingestuft werden.

Kritischer für die Interpretation der Daten ist jedoch ein zweites mögliches Verhalten der Probanden. Hätten die Probanden beispielsweise in einigen Fällen die Primes erkannt und wählten möglicherweise fehlerhaft (aufgrund des Drückens der falschen Tastenkombination) falsche Worte in der Prime-Matrix, so würden diese richtig erkannten Primes als „nicht berichtbar“ eingestuft werden. Da sie zu ihrem Darbietungszeitpunkt jedoch vollständig

verarbeitet wurden, lösten sie wahrscheinlich auch eine P300 aus. Durch die Mittelung dieser derartig erkannten, jedoch falsch angegebenen Primes und den wahrscheinlich ebenfalls vorhandenen, tatsächlich nicht berichtbaren und unvollständig verarbeiteten Primes, die eine geringere oder keine P300 auslösten, könnten nun zwar die verringerten Amplitudenwerte der P300 im Fall der als nicht berichtbar eingestuften Primes resultieren. Es würden in dieser Interpretation jedoch die fälschlicherweise nicht berichtbaren Primes den „wahren“ Unterschied der P300-Amplitude zwischen tatsächlich unvollständig verarbeiteten und berichtbaren Primes verringern. Da jedoch keine Einschätzung über diesen „wahren“ Amplitudenunterschied möglich ist, kann das Vorhandensein dieser fälschlicherweise nicht berichtbaren Primes in der betreffenden Gruppe nicht ausgeschlossen werden. In der Folge könnten dann die durch die Gruppe der „nicht berichtbaren“ Primes ausgelösten, semantischen Bahnungseffekte eben von diesen eigentlich erkannten Primes evoziert worden sein. Dementsprechend träfe die bezüglich der Studie von Luck et al. (1996) geäußerte Kritik, wenn auch in geringerem Maß, so auch hier zu.

Es ist allerdings an dieser Stelle anzufügen, daß diese fehlerhafte Auswahl der Worte eher als unwahrscheinlich anzusehen ist, denn die Probanden standen bei der Auswahl der Worte in den Matrizen nicht unter Zeitdruck, konnten diese betrachten und waren zusätzlich durch die Übungsblöcke an die experimentelle Prozedur gewöhnt. Nichtsdestotrotz kann die dargelegte kritische Interpretation bezüglich der vorhandenen P300 Unterschiede nicht gänzlich außer Acht gelassen werden. Obwohl die zusätzlichen Interpretationen des P300-Effektes als eher unwahrscheinlich einzustufen sind, muß doch festgehalten werden, daß die Betrachtung der P300 Unterschiede nicht mit vollständiger Sicherheit den Schluß zuläßt, daß in allen der in die Mittelung der berichtbaren und nicht berichtbaren Primes eingehenden Trials diesbezügliche Verarbeitungsunterschiede zu dem Verarbeitungszeitpunkt existierten⁷.

In diesem Zusammenhang und bezüglich der Interpretation der P300 muß noch eine weitere Überlegung angefügt werden. Es kann in dem durchgeführten Experiment lediglich ein relativer Vergleich der P300, die von den als berichtbar und nicht berichtbar eingestuften Primes ausgelöst wurde, erfolgen. Ungeachtet der oben angeführten, möglichen Kritikpunkte und falschen Kategorisierungen der Worte würde die verringerte P300 der nicht berichtbaren Primes auf deren unvollständige Verarbeitung hinweisen. Es ist jedoch nicht klar, in welcher Weise diese Verarbeitung unvollständig ist. So bestünde die Möglichkeit, daß die Verarbeitung der Primes im *attentional blink* zwar unvollständig ist, daß der *attentional blink* jedoch dennoch kontrollierte Verarbeitungsmechanismen zuläßt. Aufgrund der theoretischen Modellvorstellungen kann diese Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden. So nimmt sogar das von Shapiro et al. (1994) formulierte Interferenzmodell eine weitgehende Verarbeitung der vom *attentional blink* betroffenen Reize an (siehe Kapitel 2.3.2). Das Vorhandensein kontrollierter semantischer Bahnungsmechanismen im *attentional blink* jedoch würde die aus den Ergebnissen gezogene Schlußfolgerung, der N400-Effekt spiegele eine durch die

⁷ Es soll allerdings auch erwähnt werden, daß derartige Alternativerklärungen und die Kritik des „Mittelungsartefakts“ zwar von den erzielten Ergebnismustern abhängt, jedoch auf den Großteil der Studien zutrifft, die ereigniskorrelierte Potentiale oder gemittelte Werte als abhängige Variable erheben.

unaufmerksam verarbeiteten Primes verursachte automatische Aktivierungsausbreitung wider, nicht mehr zwingend erscheinen lassen. In dieser Folge müßte ebenso die Hauptaussage des Experiments, daß es zu einer automatischen Aktivierungsausbreitung unaufmerksam verarbeiteter Worte kommen kann, hinterfragt werden.

Aufgrund der Relevanz der Frage, in welcher Weise die nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* verarbeitet wurden und ob nicht die Möglichkeit zur Auslösung kontrollierter Verarbeitungsmechanismen besteht, beschäftigen sich die nachfolgenden Experimente mit ihr.

Ließe der *attentional blink* kontrollierte Verarbeitungsmechanismen zu und käme es zu einer relativ vollständigen Verarbeitung der Primes, so stellt sich die Frage, warum diese nach Abfolge der schnellen Reizdarbietung nicht richtig angegeben werden können. Diese fehlende Berichtbarkeit der Primes wäre nach den Modellvorstellungen einer Interferenzwirkung durch nachfolgende Reize zuzuschreiben (Shapiro et al., 1994). Ebenso wären Zerfallsprozesse denkbar. Im dritten Experiment der vorliegenden Arbeit wird der ersten Möglichkeit nachgegangen, indem die interferierende Wirkung eines nachfolgenden, dritten Zielwortes auf die Erkennungsleistung eines im *attentional blink* liegenden zweiten Zielwortes überprüft wird. Durch die Manipulation der Zeit von der Reizdarbietung bis zur Angabe der Zielworte wird die zweite Möglichkeit des Vergessens der bereits fast vollständig verarbeiteten, im *attentional blink* liegenden Worte untersucht.

Im nachfolgend dargestellten, zweiten Experiment der Arbeit soll jedoch zunächst die Möglichkeit einer eher als kontrolliert einzuschätzenden semantische Wortverarbeitung nicht berichtbarer Worte im *attentional blink* direkt überprüft werden.

3.2 Der Einfluß eines Zwischenreizes auf die semantische Bahnung (Experiment 2)

Das zweite Experiment dient der Frage, ob nicht berichtbare Worte im *attentional blink* kontrollierte semantische Verarbeitungsmechanismen auslösen können. Nach den Ergebnissen des ersten Experiments ist diese Möglichkeit zwar eher unwahrscheinlich, kann jedoch aufgrund der nicht vollständigen Eindeutigkeit der Ergebnisse der P300 nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Ein experimentelles Vorgehen bietet sich aufgrund der Ergebnisse einiger semantischer Bahnungsstudien an. Obwohl es auch widersprüchliche Befunde gibt (Davelaar & Coltheart, 1975; Joordens & Besner, 1992) konnten etliche Autoren zeigen, daß die Art eines Reizes, der zwischen einem Prime und einem Probe dargeboten wird, das Ausmaß der semantischen Bahnung des Primes auf das Probe beeinflussen kann (Ratcliff & McKoon, 1981; Dannebring & Briand, 1982; Foss, 1982; Masson, 1991, 1995; Deacon et al., 1998). So kommt es in den genannten Studien zu einer Aufhebung der semantischen Bahnung, wenn zwischen Prime und Probe ein bedeutsames Wort (nachfolgend als Zwischenwort bezeichnet) dargeboten wird.

In der Studie von Masson (1995) wurden den Probanden klein- bzw. großbuchstabige Worte präsentiert. Die Aufgabe der Probanden bestand in einer Benennung der großbuchstabigen Probes. Diese Probes waren entweder semantisch assoziiert zu einem vorangehenden Prime oder semantisch nicht assoziiert. Zusätzlich zu der semantischen Assoziation zwischen Prime und Probe manipulierte der Autor die Art der Zwischenreize, die zwischen Primes und Probes dargeboten wurden: Sie bestanden entweder aus einer Reihe von „X“ oder aus einem semantisch nicht zu Prime und Probe assoziierten Wort. Anhand der Benennungslatenzen auf die Probes ließ sich eine semantische Bahnung der semantisch assoziierten Primes auf die nachfolgenden Probes feststellen. Die Benennungslatenzen auf die semantisch assoziierten Probes waren kürzer als die Benennungslatenzen auf die Probes, die keine semantische Assoziation zu den Primes aufwiesen. Dieser semantische Bahnungseffekt war jedoch nur vorhanden, wenn sich die Reihe von „X“ zwischen Primes und Probes befand. Wurde ein Wort zwischen Primes und Probes dargeboten, so ließ sich kein Bahnungseffekt mehr nachweisen. Diese Ergebnisse sprechen dafür, daß ein Wort, also eine semantische Information, den Bahnungseffekt von einem Prime auf ein Probe zerstören kann.

Da dieser „Zwischenworteffect“ nicht durch neutrale, unbedeutsame Reize ausgelöst werden kann, wird die semantische Bedeutsamkeit des Wortes für den Effekt verantwortlich gemacht. Eine theoretische Interpretation dieses Effektes erfolgt dementsprechend. Im Sinn einer erwartungsbasierten Bahnung (siehe Neely, 1977; auch Kapitel 2.1.1.2) wird angenommen, daß durch die Verarbeitung der Wortbedeutung eine Umorientierung der durch das Prime ausgelösten Erwartung bezüglich der Art des Probes stattfinden kann. Andererseits wurde nach den Überlegungen des Modells der verbindenden Merkmale (siehe Ratcliff & McKoon, 1988, auch Kapitel 2.1.1.3) auch vermutet, daß das zwischen Prime und

Probe dargebotene Wort Prime oder Probe aus dem Kurzzeitspeicher verdrängt haben könnte. Unter diesen Umständen wäre deshalb kein Vergleich der Prime und Probe verbindenden Merkmale möglich und der hierauf beruhende Bahnungseffekt fiel weg. Es ist offensichtlich, daß die Erklärungen des Zwischenworteffektes zwar auf unterschiedlichen Modellen basiert, jedoch in beiden Fällen eine Beeinflussung kontrollierter Bahnungsmechanismen angenommen wird. Da es in der Konzeption von „Automatizität“ (siehe Posner & Snyder, 1975b; auch Kapitel 2.1.1.1) nicht vorgesehen ist und auch als sehr unwahrscheinlich anzusehen ist, daß ein automatisch verarbeitete Worte eine derartige Beeinflussung kontrollierte Bahnungsmechanismen bewirken kann, wird davon ausgegangen, daß das Zwischenwort zur Auslösung des Zwischenworteffektes ebenfalls aufmerksam verarbeitet worden sein muß.

Deacon et al. (1998) maßen den Einfluß eines Zwischenwortes zwischen Prime und Probe mittels des N400-Effektes. Die Autoren bot den Probanden nacheinander Worttripletts, bestehend aus zwei unassoziierten Worten und einem Probe dar. Das Probe war nun entweder zu dem ersten oder dem zweiten Wort semantisch assoziiert oder es war keine semantische Assoziation zwischen den Worten des Tripletts vorhanden. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, zu entscheiden, ob sich ein nachfolgend dargebotenes, viertes Vergleichswort bereits unter den Triplettworten befand. Als zusammenfassendes Ergebnis der Studie war festzustellen, daß in dem Fall, in dem sich ein weiteres Wort (in dieser Studie das Zwischenwort) zwischen Prime und Probe befand, die von den Probes evozierten Amplituden der N400 nicht von den Amplitudenwerten der ungebahnten Probes (alle drei Triplettworte unassoziiert) unterscheidbar waren. Obwohl bezüglich der dargestellten Studie angemerkt werden muß, daß hier ein Vergleich von Bahnungseffekten anhand von lediglich Wortmaterial stattfand und somit keine „echte“ Vergleichsbedingung mit semantisch unbedeutsamen Material vorhanden war, kann doch festgehalten werden, daß auch mittels der Messung ereigniskorrelierter Potentiale eine durch Zwischenworte verursachte Zerstörung des bahnenden Einflusses semantisch assoziierter Primes auf nachfolgende Probes feststellbar ist.

Die Ergebnisse der berichteten Experimente bieten nun eine Möglichkeit zur Untersuchung einer möglichen aufmerksamen Analyse der nicht erkannten Worte im *attentional blink*. Kommt es im Gegensatz zu einer Kontrollbedingung, in der eine semantisch nicht bedeutsame Buchstabenkette dargeboten wird, zu einer Aufhebung der semantischen Bahnung durch ein nicht berichtbares, im *attentional blink* liegendes Wort, so kann von dessen kontrollierter Wortanalyse ausgegangen werden.

3.2.1 Methode

3.2.1.1 Probanden

An dem Experiment nahmen 27 Probanden teil. Aufgrund von zu wenigen Trials pro Bedingung oder einem schlechten Signal-Rausch-Verhältnis mußten jedoch zwölf Probanden

von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Neun der verbleibenden Probanden waren weiblich, sechs männlich, ihre Altersspanne lag zwischen 21 und 37 Jahren (Durchschnittsalter: 25 Jahre). Alle Probanden waren rechtshändig und sprachen deutsch als Muttersprache. Für ihre Teilnahme an dem Experiment wurden sie mit 12 DM pro Stunde oder den entsprechenden Probandenstunden entlohnt.

3.2.1.2 Material

Abbildung 9 (nächste Seite) zeigt die Reizdarbietung für einen Trial. Den Probanden wurden 1-3 silbige, 3-7 buchstabige deutsche Nomen bzw. Buchstabenreihen in großbuchstabiger Schrift dargeboten. Die Versuchsanordnung entspricht bezüglich der Reizgröße, Verweildauer der Reize, des Interstimulusintervalls und der daraus resultierenden Präsentationsrate Experiment 1.

In die Abfolge schwarzer Distraktorworte wurden drei weiße Zielreize eingefügt (Prime, Zwischenreiz und Probe). Die Aufgabe der Probanden bestand wiederum darin, die vorhandenen weißen Zielreize zu erkennen und sie nach der Reizabfolge in den unterschiedlichen Matrizen zu markieren. Der zweite Zielreiz (Zwischenreiz) bestand in diesem Experiment allerdings entweder aus einem Wort oder aus einer Buchstabenkette.

Die Anzahl der Pre- und Posttargets sowie die Darbietung der Zielreize entspricht dem ersten Experiment. Auch hier wurden die zweiten Zielreize an der dritten Position nach den ersten Zielworten (mit einem SOA zum ersten Zielwort von 250 Millisekunden), die Probes an der zehnten Position (SOA zum ersten Zielwort: 833 Millisekunden und zum Zwischenreiz: 583 Millisekunden) dargeboten.

Die dritten Zielreize (Probes) dieses Experiments wurde zufällig aus der Menge von 24 Worten gezogen, die im ersten Experiment als dritte Zielworte benutzt wurden. Jedes dieser Probes besaß ein ihm zugeordnetes Primewort, das als erster Zielreiz dieses Experiments dargeboten wurde. Die Primeworte wurden aus einer Menge der im ersten Experiment als stark assoziierten Worte benutzten 24 Worte gezogen. Jedem der Probes war demnach ein semantisch stark assoziiertes Wort zugeordnet. Die Kontruktion der semantisch nicht assoziierten Wortpaare erfolgte durch eine veränderte, jedoch für die einzelnen Worte gleichbleibende Zuordnung der Prime- und Probeworte.

Es entstanden somit 2 zusammengehörige (ein semantisch stark assoziiertes und ein nicht semantisch assoziiertes) Wortpaare, welche im Laufe des Experiments 8 mal in zufälliger Reihenfolge wiederholt wurden. Die zweiten Zielreize bestanden in jeweils der Hälfte der Trials entweder aus Worten oder aus Buchstabenketten. Die Worte wurden zufällig aus der in Experiment 1 benutzten Menge von 24, weder semantisch zu Primes oder Probes assoziierten Worten gezogen. Um eine Vergleichbarkeit der Schwierigkeit der Erkennung der zweiten Zielreize herzustellen, wurden ebenfalls 24 unterschiedliche, aus je sechs gleichen Buchstaben bestehende Buchstabenreihen gebildet. Es fanden für die Kontruktion der Buchstabenketten alle Buchstaben des Alphabets mit Ausnahme der Buchstaben Q und X Verwendung. Da sich in einem kurzen Vorversuch herausstellte, daß die Buchstabenreihen schlechter zu erkennen sind, wurden diese zum Zweck der Maskierung nur mit einem X am Ende der Reihe versehen.

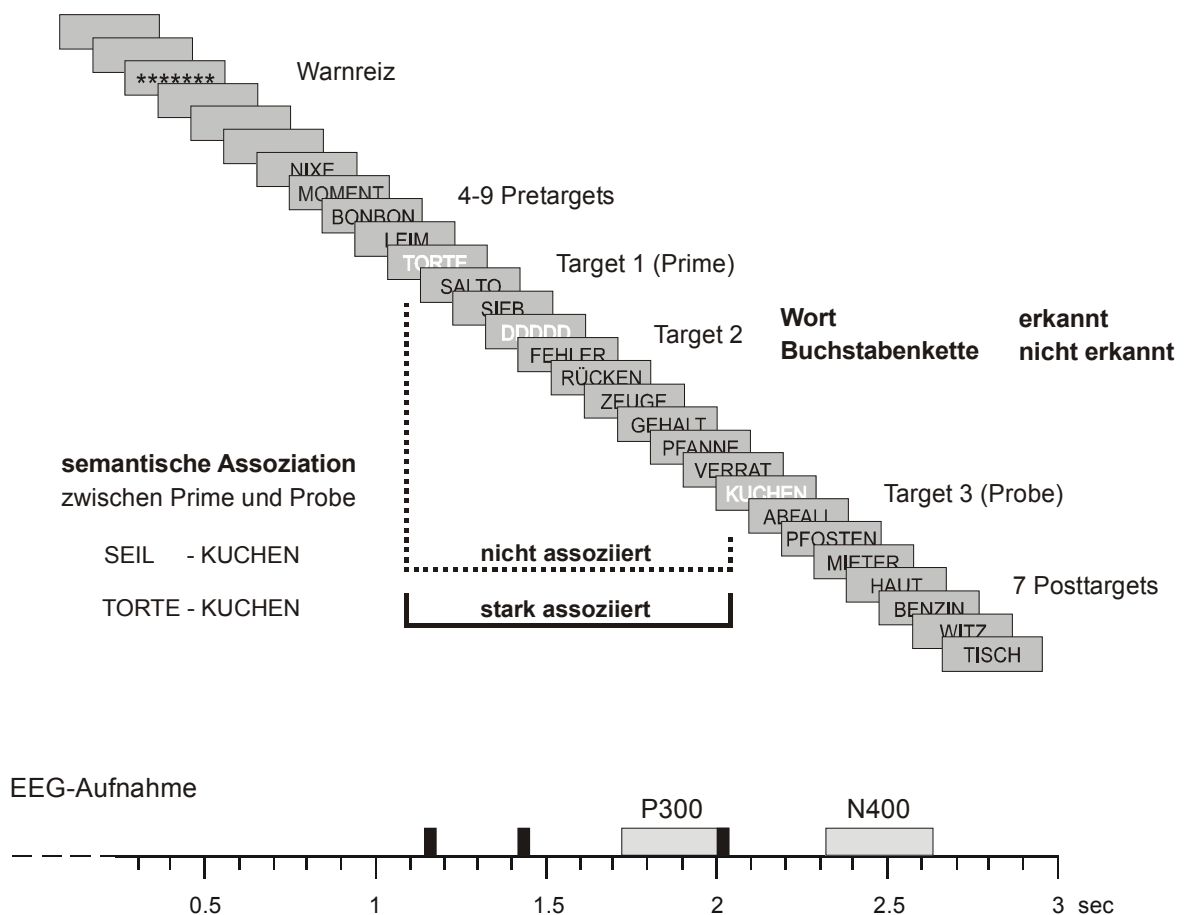


Abbildung 9. Schematische Darstellung der Reizabfolge des Experiment 2. Die Darbietungsparameter entsprechen Experiment 1. Abweichend wurde hier die semantische Assoziationsstärke zwischen dem ersten weißen Zielwort (Prime) und dem dritten weißen Zielwort (Probe) manipuliert. Der zweite weiße Zielreiz war eine Buchstabenreihe oder ein weiteres Wort. Die Darbietung der Zielreize und die interessierenden Zeitbereiche der elektrophysiologischen Messung (P300 und N400) sind auf der EEG-Aufzeichnungsachse markiert. Nähere Erläuterungen siehe Text.

Die Auswahl der Distraktoren und die Maskierung wurde analog Experiment 1 realisiert.

Ebenfalls analog Experiment 1 wurden zusätzlich zu den Experimentaltrials aus dem Experimentalmaterial 24 Übungstrials gebildet.

3.2.1.3 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf entspricht dem des ersten Experiments. Die Aufgabe der Probanden bestand wiederum im Erkennen der drei Zielreize, die sie in den unterschiedlichen Matrizen angeben sollten. War der zweite Zielreiz eine Buchstabenreihe, so wurde den Probanden ebenfalls eine Matrix mit allen möglichen, als Zielreiz vorkommenden Buchstabenreihen gezeigt und die Probanden bestimmten per 2-fachen Tastendruck die Identität der im Trial dargebotenen Buchstabenreihe.

3.2.1.4 EEG-Aufzeichnung

Die EEG-Aufzeichnung fand unter den gleichen Bedingungen, mit der gleichen Behandlung der Probanden, mit der gleichen Elektrodenpositionierung und den gleichen Verstärkereinstellungen wie in Experiment 1 statt. Wie in Experiment 1 wurde die Steuerung der Reizdarbietung und auch die Aufzeichnung der Verhaltensdaten von einem Atari TT erbracht. Im Unterschied zu dem ersten Experiment erfolgte die Reizdarbietung jedoch auf einem Farbbildschirm der Firma Sony (SONY TRINITON). Die Messung der Leuchtdichte für die relevanten Bedingungen auf diesem Bildschirm ergab für den grauen Hintergrund den Wert von 3.9 cd/m^2 ; für schwarze Worte auf diesem Hintergrund ergab sich der Wert von 3.8 cd/m^2 und für weiße Worte der Wert von 4.2 cd/m^2 . Obwohl diese Werte stark von denen des ersten Experiments abweichen, wurde dieser Bildschirm gewählt, um eine bessere Vergleichbarkeit der parallel ablaufenden Experimente 2 und 3 zu gewährleisten. Nach einer Kontrolle des Zeitbedarfs der vertikalen Synchronisation (Vsync) für die visuellen Darbietung war eine diesbezügliche Vergleichbarkeit der Rechner und Bildschirme festzustellen.

3.2.1.5 Auswertung

Die Auswertung der EEG-Daten entspricht der Vorgehensweise des ersten Experiments.

Die ereigniskorrelierten Potentiale wurden pro Proband und experimenteller Bedingung gemittelt. Es wurden hierfür ebenfalls nur Trials berücksichtigt, in denen die Probanden das erste und das dritte Zielwort korrekt in der Matrix markiert hatten.

Als abhängige Variablen des varianzanalytischen Verfahrens dienten die Erkennungsleistung der drei Zielworte und die EKP. Die Amplitudenwerte der P300 und N400 wurden durch die Mittelung der gleichen Amplitudenwerte wie in Experiment 1 bestimmt, da in beiden Experimenten die durch die zweiten Zielreize hervorgerufene P300 und die durch die dritten Zielreize (Probes) hervorgerufene N400 interessierte. Die mittleren Amplitudenwerte des Zeitbereiches 312.5 – 625 Millisekunden nach Darbietung der Probes dienten somit zur Ermittlung der N400-Werte, während sich die Werte für die P300 aus den

mittleren Amplitudenwerten des Zeitbereichs 312.5 – 625 Millisekunden nach Darbietung der Zwischenreize ergaben. Als Grundlinie zur Ermittlung der Amplitudenwerte wurde der Zeitbereich 125 Millisekunden vor Darbietung der betreffenden Zielreize gewählt.

Die Auswertung der Daten erfolgte ebenfalls analog Experiment 1 nach varianzanalytischem Verfahren unter Benutzung des Programms SAS, der Prozedur ANOVA und wurde gegebenenfalls nach den Formeln von Huynh und Feldt (nach Bortz, 1993) korrigiert.

Zur Einschätzung des Ausmaßes des Erkennungsdefizits für die zweiten Zielreize wurde zunächst die Erkennungsleistung für die drei Zielreize überprüft. Um zusätzlich die Unterschiedlichkeit der zweiten Zielreize (Worte oder Buchstabenreihe) zu berücksichtigen, und eine Einschätzung über mögliche Unterschiede des Erkennungsdefizits der beiden Zielreizarten zu erlangen, wurde ein Vergleich der Erkennungsleistungen der drei Zielreize für die beiden Zielreizarten getrennt vorgenommen. Neben der Art des Zwischenreizes ging die quasiexperimentelle Manipulation der Erkennung versus Nichterkennung der Zwischenreize in die weitere Auswertung für die semantische Bahnung der ersten Zielreize (Primes) auf die dritten Zielreize (Probes) als Faktor ein. Somit ergab sich hierfür ein Meßwiederholungsdesign mit den Faktoren Zwischenreizerkennung (zweistufig, erkannt, nicht erkannt), Art des Zwischenreizes (zweistufig, Worte oder Buchstabenreihe) und semantische Beziehung zwischen Prime und Probe (zweistufig, semantisch (stark) assoziiert oder nicht assoziiert). Trials, in denen die Probanden das Target 1 nicht richtig erkannten, wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Es ist anzunehmen, daß sich auch hier die möglichen Verarbeitungsunterschiede der später erkannten versus nicht erkannten Zwischenreize in den Amplitudenwert der P300 für die beiden Fälle widerspiegeln. Zur Überprüfung dieser Annahme erfolgte eine Analyse der P300 Amplitudenwerte als abhängige Variable, wobei neben dem Faktor der Erkennung der Zwischenreize (zweistufig, erkannt, nicht erkannt) zusätzlich die Art der Zwischenreize (Worte oder Buchstabenreihen) als zweistufiger Faktor berücksichtigt wurde. Dem Einfluß der erkannten bzw. nicht erkannten, unterschiedlichen Zwischenreize auf die semantische Bahnung wurde anhand der von den Probes evozierten Amplitudenwerte der N400 nachgegangen. Die dreifaktorielle Analyse der N400 Amplitudenwerte beinhaltete demnach die Faktoren Zwischenreizerkennung (zweistufig, erkannt, nicht erkannt), Art der Zwischenreize (zweistufig, Worte oder Buchstabenreihe) und semantische Assoziation zwischen Primes und Probes (zweistufig, semantisch (stark) assoziiert oder nicht assoziiert).

3.2.2 Ergebnisse

Wie im vorangegangenen Experiment werden zunächst die Verhaltensdaten und dann die ereigniskorrelierten Potentiale betrachtet. Dabei wird den Ergebnissen anhand der Hypothesen nachgegangen. Die vollständigen Ergebnisse aller relevanten Analysen sind im Anhang zu finden.

3.2.2.1 Verhaltensdaten

Abbildung 10 zeigt die prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielreize getrennt nach den beiden unterschiedlichen Zwischenreizbedingungen. Es kommt zu einer unterschiedlichen Erkennung der drei Zielreize (Haupteffekt Zielreiz: $F(2,28) = 13.08$; $p(F) < 0.01$), welche jedoch in den beiden Zwischenreizbedingungen unterschiedlich stark ausgeprägt ist (Interaktion des Zielreizes mit der Art des Zwischenreizes: $F(2,28) = 7.07$; $p(F)$

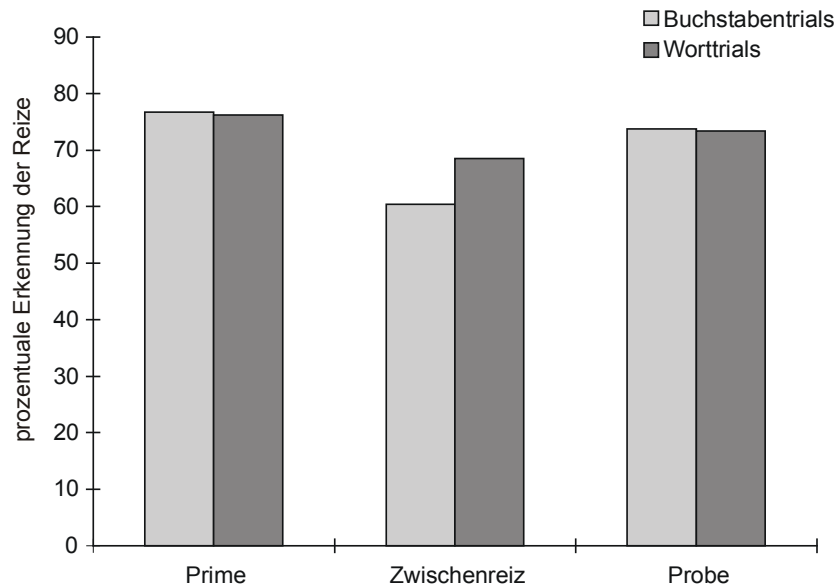


Abbildung 10. Prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielreize getrennt für die Zwischenreizbedingung Worte bzw. Buchstaben.

< 0.05). Obwohl jedoch die Erkennungsleistung der Wortzwischenreize besser ist als die der Buchstabenzwischenreize (Effekt des Zwischenreizes für den zweiten Zielreiz $F(1,14) = 6.41$; $p(F) < 0.05$), kommt es dennoch in beiden Zwischenreizbedingungen zu einer unterscheidbaren Erkennung der drei Zielreize (Effekt des Zielreizes im Fall der Buchstaben als Zwischenreize: $F(2,28) = 17.29$; $p(F) < 0.01$, Effekt des Zielreizes im Fall der Worte als Zwischenreize: $F(2,28) = 4.49$; $p(F) < 0.05$). Während die Einzelvergleiche der Reizerkennung im Fall der Buchstabenzwischenreize eine deutlich schlechtere Erkennung des Zwischenreizes (60.4 %) im Vergleich mit dem Prime (76.8 %) und auch mit dem Probe (73.7 %) deutlich machen (beide Kontraste $p(F) < 0.01$), unterscheiden sich die Zwischenworte (68.5 %) zwar von dem Prime (76.2 %, $F(1,14) = 6.42$; $p(F) < 0.05$), der Vergleich zu der Erkennung des Probes (73.4 %) zeigt jedoch nur noch eine Tendenz zur schlechteren Erkennung der Wortzwischenreize ($F(1,14) = 3.79$; $p(F) = 0.0719$) auf.

In Abbildung 11 ist die Erkennungsleistung der Probes in Abhängigkeit von der Erkennung der Zwischenreize (erkannt versus nicht erkannt), der Art der Zwischenreize (Buchstaben oder Worte) und der Assoziiiertheit der Worte (assoziiert versus unassoziiert) dargestellt. Neben der besseren Erkennung der Probes bei Erkennung der Zwischenreize (Effekt der Erkennung: $F(1,14) = 29.52$; $p(F) < 0.01$) kommt es in allen Fällen zu einer semantischen Bahnung der Probes durch die vorangehenden, semantisch assoziierten Primes (Haupteffekt der Assoziiiertheit: $F(1,14) = 16.31$; $p(F) < 0.01$, keine Interaktion weiterer Faktoren und bei den einzelnen Vergleichen je Effekt der Assoziiiertheit mit $p(F) < 0.05$).

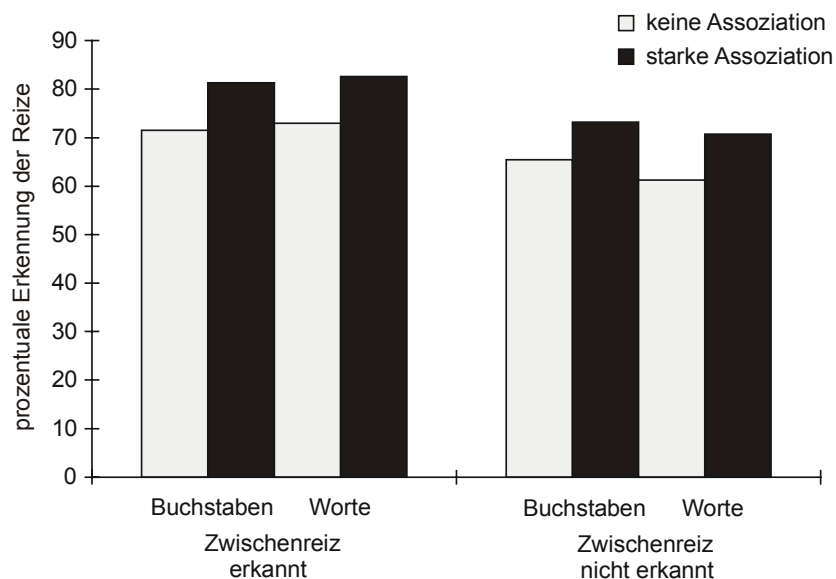


Abbildung 11. Prozentuale Erkennungsleistung der Probe in Abhängigkeit von der Erkennung der Zwischenreize, der Art der Zwischenreize und der Assoziiiertheit.

3.2.2.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

3.2.2.2.1 P300

Wie bereits in Experiment 1 sollte sich die spätere Erkennung beziehungsweise Nichterkennung der Zwischenreize in unterscheidbaren Amplituden der P300 widerspiegeln. Die Hauptanalyse für den Zeitbereich der P300 Amplituden bestätigt diese Annahme: Neben dem Haupteffekt der Erkennung ($F(1,14) = 20.21$; $p(F) < 0.01$) ergibt sich eine Interaktion der Ableitorte mit der Zwischenreizerkennung ($F(17,238) = 2.41$; $p(F) < 0.05$).

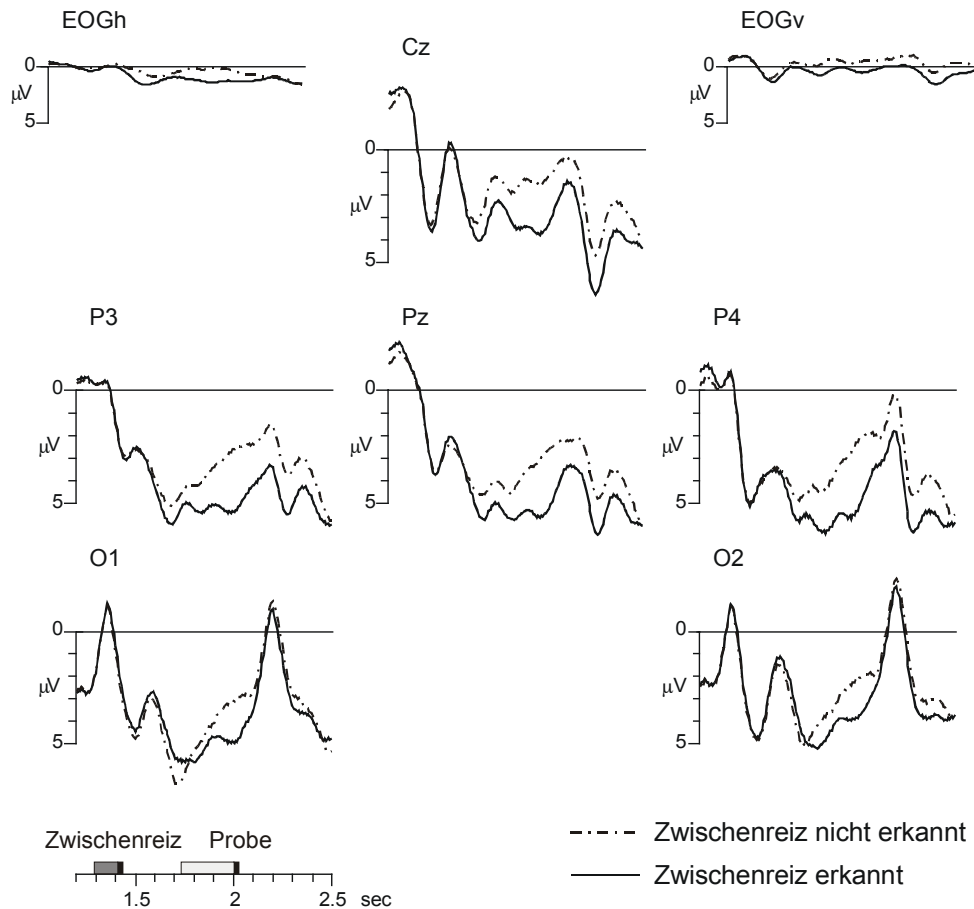


Abbildung 12. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt für den Fall der erkannten versus nicht-erkannten Zwischenreize. Die Darbietung der Zwischenreize, der Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der P300 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

Elektrodenspezifische Analysen ergaben eine verbreitete Topographie dieses Effektes an 14 (Fpz, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T5, P3, Pz, P4, alle $p(F) < 0.05$) der 18 Ableitorte. In allen Fällen evozieren erkannte Zwischenreize eine positivere P300 als später nicht erkannte Zwischenreize. Da sich in der Analyse keine Interaktion ($p(F) > 0.20$) der Art des Zwischenreizes mit der Erkennung der Zwischenreize bemerkbar machte, sind in Abbildung 12 die über die beiden Arten der Zwischenreize (Buchstaben und Worte) gemittelten Potentiale für erkannte und nicht erkannte Zwischenreize an ausgewählten posterioren Elektrodenpositionen zu sehen.

Die in der Hauptanalyse ebenfalls signifikanten Effekte der Art des Zwischenreizes ($F(1,14) = 13.34$; $p(F) < 0.01$) und auch der Interaktion der Art des Zwischenreizes mit den Ableitorten ($F(17,238) = 3.92$; $p(F) < 0.05$) geht darauf zurück, daß Buchstaben an den meisten Ableitorten positivere Potentiale evozieren als Worte.

3.2.2.2.1 N400

Zur Einschätzung der semantischen Bahnung der Primes auf die Probes wurde zunächst eine Hauptanalyse mit allen Faktoren (Ableitort, Erkennung des Zwischenreizes, Assoziation zwischen Prime und Probe und Art des Zwischenreizes) gerechnet. Die Art der semantischen Assoziation zwischen Primes und Probes wirkt sich auf die von den Probes evozierten Potentiale aus (Faktor Assoziation: $F(1,14) = 4.88$; $p(F) < 0.05$). Der N400-Effekt ist erwartungsgemäß an posterioren Ableitorten am stärksten ausgeprägt (Interaktion des Ableitortes mit der Assoziiertheit: $F(17,238) = 2.84$; $p(F) < 0.01$), weist jedoch eine relativ weite Verbreitung auf. Elektrodenspezifische Analysen zeigen eine Beeinflussung der N400 Amplitude von der Art der semantischen Assoziiertheit an den Ableitorten Fz, Cz, C4, P3, Pz, P4, O1 (alle $p(F) < 0.05$). Die dreifache Interaktion der Faktoren Ableitort, Assoziation und Art

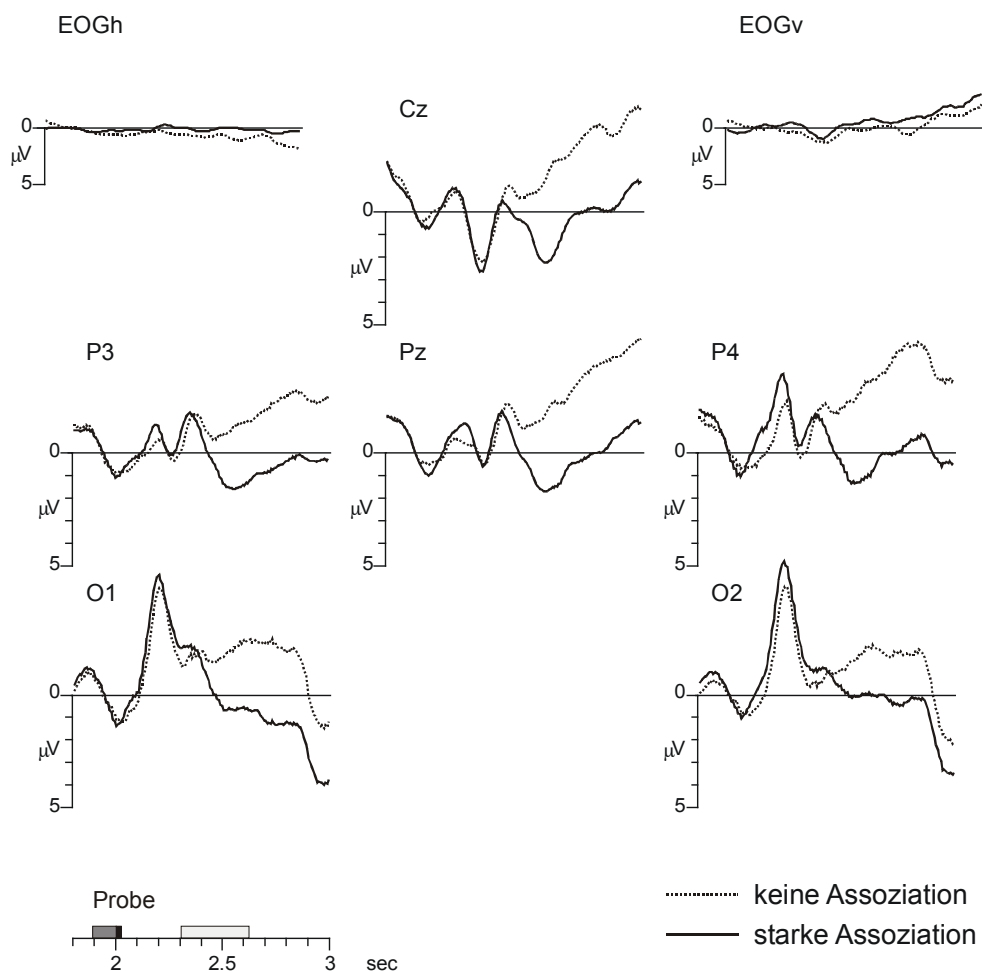


Abbildung 13. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt für den Fall der *erkannten Buchstabenzwischenreize*. Die Darbietung des Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der N400 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

des Zwischenreizes ($F(17,238) = 2.16$; $p(F) < 0.05$) findet allerdings in den elektrodenspezifischen Analysen keine Entsprechung. An keiner der Ableitorte macht sich ein Unterschied des N400-Effektes in Abhängigkeit der Art des Zwischenreizes bemerkbar (Interaktion der Assoziertheit und der Art des Zwischenreizes pro Ableitort: alle $p(F) > 0.05$).

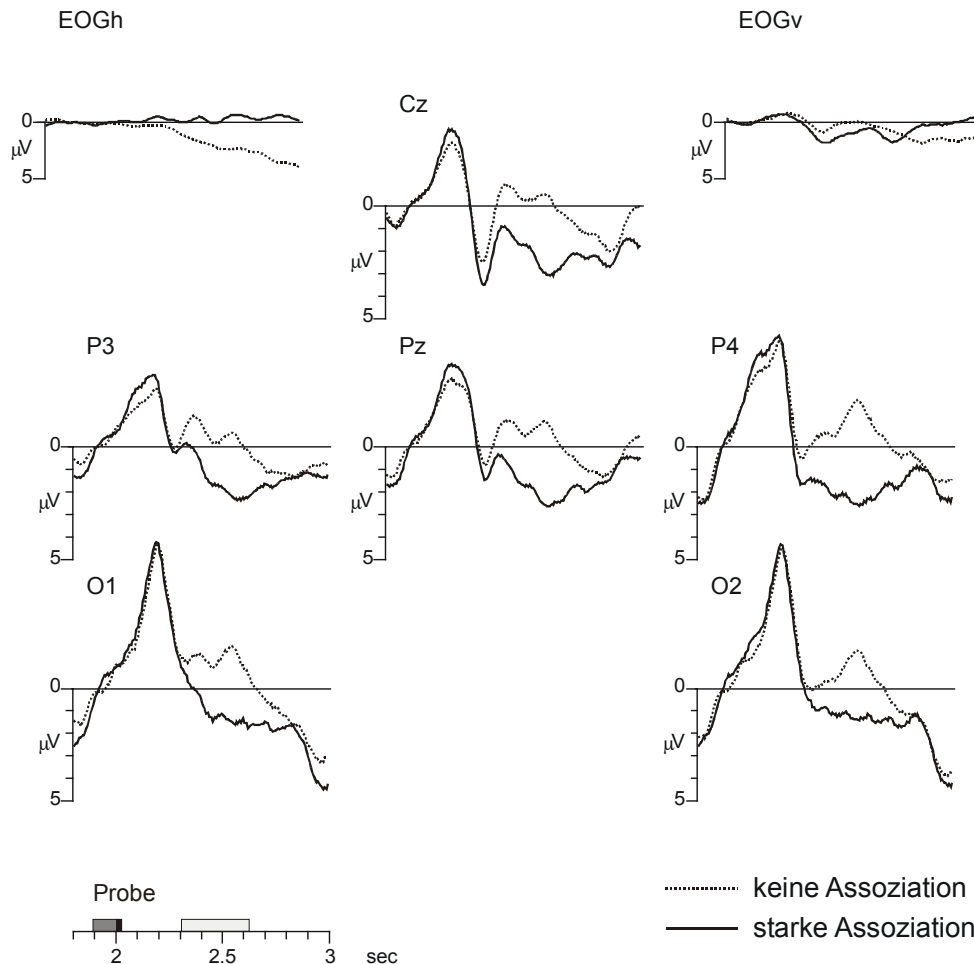


Abbildung 14. Ereigniskorrelierte Potentiale dargestellt für den Fall der *erkannten Wortzwischenreize*. Die Darbietung des Probes, der Bezugszeitpunkt für die Mittelung (dunkelgraues Rechteck) und der Zeitbereich der N400 (hellgraues Rechteck) sind auf der Zeitachse markiert.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der ereigniskorrelierten Potentialen mit der Zwischenwortstudie von Deacon et al. (1998) herzustellen, wurde der N400-Effekt beschränkt auf die erkannten Zwischenreize betrachtet. Erwartungsgemäß stellte sich auch hier der Einfluß der Assoziertheit auf die N400 Potentiale heraus (Faktor Assoziertheit: $F(1,14) = 7.05$; $p(F) < 0.05$, Faktoren Ableitort und Assoziertheit $F(17,238) = 4.44$; $p(F) < 0.01$). Auch bei alleiniger Betrachtung der Potentiale für die erkannten Zwischenreize ergibt sich jedoch keine Unterschiedlichkeit des N400-Effektes für den Fall erkannter Buchstaben-

oder Wortzwischenreize (alle Interaktionen mit dem Faktor Art des Zwischenreizes $p(F) > .10$).

Um dennoch einen Eindruck über die Ausprägung des N400-Effektes unter diesen beiden Bedingungen zu vermitteln, sind in den Abbildungen 13 und 14 (vorangehende Seiten) die von den Probes evozierten ereigniskorrelierten Potentiale für den Fall der erkannten Buchstaben und Worte als Zwischenreize getrennt dargestellt.

3.2.3 Diskussion

Obwohl die Ergebnisse des Experiments im Kontext der Zwischenreizexperimente von Bedeutung sind, soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht auf alle Aspekte der Ergebnisse eingegangen werden. Es erfolgt deshalb eine weitestgehende Beschränkung der Diskussion auf die relevanten Punkte für die Interpretation einer semantischen Analyse nicht erkannter Worte im *attentional blink*.

3.2.3.1 Verhaltensdaten

Die Darbietungsparameter des zweiten Experiments entsprachen denen des ersten Experiments. Wie erwartet unterscheidet sich die Erkennungsleistung des ersten von dem zweiten Zielreiz. Ein anhand des Vergleiches der Zwischenreize und der Probes einzuschätzender, ausgeprägter *attentional blink* tritt jedoch nur für die Buchstabenzwischenreize auf. Im Fall der Wortzwischenreize läßt sich eine Unterscheidung zwischen der Erkennungsleistung der Zwischenworte und der Probes lediglich tendentiell feststellen. Da für das zweite Experiment ein anderer Bildschirm verwendet wurde als im ersten Experiment, ist die grundlegend höhere Erkennungsleistung für die Worte wahrscheinlich auf diesen Sachverhalt zurückzuführen. Anhand der Diskussion des dritten Experiments wird nochmals auf die Möglichkeit der Ursache unterschiedlicher Erkennungsleistungen aufgrund der Benutzung unterschiedlicher Bildschirme eingegangen. Im vierten Experiment erfolgt dann eine experimentelle Überprüfung dieser möglichen Ursache. Es soll hier jedoch festgehalten werden, daß trotz des oben genannten, wenig stark ausgeprägten *attentional blink* eine grundsätzliche Vergleichbarkeit der in den Versuchsabläufen der schnellen Reizdarbietungsaufgaben zu erwartenden Effekte als gegeben angesehen werden können. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse der elektrophysiologischen Messung bestätigt (siehe unten).

Bezüglich des unterschiedlichen Einflusses der Buchstaben- beziehungsweise Wortzwischenreize auf die semantische Bahnung muß festgestellt werden, daß die beabsichtigte Manipulation nicht gelungen ist. In Anlehnung an die Studie von Masson (1995) wurden Buchstaben – und Wortzwischenreize zwischen Primes und Probes plazierte. Den Ergebnissen des Autors zufolge heben Zwischenworte die Bahnung semantisch assoziierter Primes auf die Leistungen für nachfolgende Probes auf. In Anlehnung an diese Ergebnisse wurde angenommen, erkannte Zwischenworte würden ebenfalls den durch die semantisch assoziierten Primes verursachten Erkennungsvorteil für die Probes zunichte machen. Wie in

der Vergleichsbedingung, in der semantisch nicht bedeutsame Buchstabenreihen als Zwischenreize identifiziert werden sollten, fand sich im vorliegenden Experiment auch in der Wortzwischenreizbedingung eine semantische Bahnung in den Erkennungsleistungen der Probes. Der von einigen Autoren anhand der Benennungslatenzen für die Probes (Masson, 1995) oder anhand der Reaktionszeiten in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe (Ratcliff & McKoon, 1981; Dannebring & Briand, 1982; Foss, 1982; Masson, 1991) berichtete Zwischenworteffekt ist also für erkannte Worte, die zwischen Prime und Probe innerhalb der schnellen Reizdarbietungsaufgabe dargeboten wurden, nicht vorhanden. Da bereits andere Autoren (siehe Davelaar & Coulthart, 1975; Joordens & Besner, 1992; Joordens & Becker, 1997) diesen Effekt anhand ihres experimentellen Vorgehens nicht entdecken konnten, ist er wahrscheinlich stark an den experimentellen Kontext der Aufgabe gebunden.

Es bleibt demnach lediglich festzuhalten, daß es in allen Bedingungen, unabhängig von der Art der Zwischenreize und auch unabhängig von der Erkennung der Zwischenreize zu einer semantischen Bahnung semantisch assoziierter Primes auf die Erkennungsleistung der Probes kommt. Da die Betrachtung einer möglichen, kontrollierten semantischen Analyse nicht berichtbarer Worte im *attentional blink* jedoch von dem Vorhandensein des Zwischenworteffektes für die berichtbaren Zwischenworte abhing, kann die diesbezügliche Einschätzung nicht vorgenommen werden. So bieten die Verhaltensdaten des Experiments weder einen Hinweis auf eine automatische, noch auf eine kontrollierte semantische Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte im *attentional blink*, noch können sie einer derartigen Annahme widersprechen.

3.2.3.2 Ereigniskorrelierte Potentiale

Die Messung der von den Zwischenreizen ausgelösten P300 repliziert die Ergebnisse des ersten Experiments. Unabhängig von der Art der Zwischenreize evozieren die nicht berichtbaren Zwischenreize im Vergleich zu den berichtbaren Reizen eine abgeschwächte P300. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, daß, obwohl offensichtlich in diesem zweiten Experiment eine insgesamt bessere Erkennung der Zwischenreize stattfand, dennoch ein dem ersten Experiment vergleichbares Verarbeitungsdefizit vorhanden war. Die später nicht berichtbaren Zwischenreize wurden offensichtlich bereits zu ihrem Darbietungszeitpunkt in anderer Weise verarbeitet als die Reize, die später berichtet werden konnten.

Die Ergebnisse der N400 erbrachten einen semantischen Bahnungseffekt sowohl für erkannte Buchstaben- als auch für erkannte Wortzwischenreize. Dieses Ergebnis ist aufgrund der bereits mittels der Verhaltensdaten meßbaren ebenfalls vorhandenen Bahnungseffekte in diesen Bedingungen nicht überraschend. Ebenso wie die Verhaltensdaten spiegelt der N400-Effekt hier die semantische Bahnung der Primes auf die außerhalb des *attentional blink* liegenden Probes wider. Wie bereits die Verhaltensdaten steht dieses Ergebnis nicht in Einklang mit den aktuellen Ergebnissen von Deacon et al. (1998). Die Autoren konnten einen Einfluß eines Wortes zwischen Primes und Probes auf den elektrophysiologische Bahnungseffekt nachweisen. Als Erklärung für die diskrepanten Ergebnisse bietet sich auch hier nur die unterschiedliche experimentelle Vorgehensweise an

und die Vermutung, daß es sich bei dem Zwischenworteffekt eher um einen instabilen Effekt handelt⁸.

3.2.3.3 Einschätzung

Da die beabsichtigte experimentelle Manipulation nicht erreicht wurde und der Zwischenworteffekt bereits für die berichtbaren Zwischenreize nicht auftrat, bietet dieses zweite Experiment keine weiteren Erkenntnisse bezüglich der Frage, ob und welche Art der semantischen Verarbeitung von Woten im *attentional blink* erfolgen kann.

Die Ergebnisse der P300 Messung bestätigen jedoch wiederum die bereits im ersten Experiment nachgewiesenen, sehr wahrscheinlichen Verarbeitungsunterschiede der berichtbaren und nicht berichtbaren Worte im *attentional blink*. Sie verstärken demzufolge die berechnete Annahme, daß es sich bei dem Paradigma der schnellen Reizdarbietung um eine Versuchsanordnung handelt, die das Potential aufweist, dem Kriterium der tatsächlichen Verarbeitungsunterschiede der als aufmerksam beziehungsweise unaufmerksam klassifizierten Worte zu deren Verarbeitungszeitraum zu genügen (siehe Holender, 1986; und Kapitel 2.1.4). Eine weitere Untersuchung der Möglichkeit einer semantischen Analyse von unaufmerksam verarbeiteten Worten bietet sich demnach mittels dieses Paradigmas an.

⁸ Die visuelle Betrachtung der für berichtbare Buchstaben- und Wortzwischenreize dargestellten ereigniskorrelierten Daten (Abbildungen 13 und 14) läßt möglich Unterschiede des N400-Effektes erahnen: So scheint der durch die erkannten Buchstaben nicht gestörte N400-Effekt sich länger auszudehnen als der N400-Effekt von Primes auf Probes, zwischen die ein Wort dargeboten wurde. Da sich jedoch die Analyse der ereigniskorrelierten Potentiale auf den vorab definierten Zeitbereich beschränkte und diese Analyse keine Unterschiede zwischen den genannten Bedingungen offenbarte, soll auf diese mögliche Differenz des N400-Effektes im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen werden.

3.3 Interferenz oder Gedächtniszerfall? Und - der Zeitverlauf der semantischen Bahnung (Experiment 3)

Als Ergebnis des ersten Experiments läßt sich eine automatische semantische Analyse später nicht berichtbarer Worte im *attentional blink* festhalten. Die elektrophysiologische Messung während der Reizverarbeitung bietet einen starken Hinweis auf die wahrscheinlich unterschiedliche Verarbeitung berichtbarer versus nicht berichtbarer Worte im *attentional blink*. Diese unterschiedlichen P300 Potentiale werden im zweiten Experiment bestätigt. Die Interpretation der Ergebnisse sieht eine unvollständige Wortverarbeitung im *attentional blink* vor und bietet damit auch eine Erklärung für den Verlust der bewußten Berichtbarkeit einiger Worte. Es kann in der weiteren Schlußfolgerung davon ausgegangen werden, daß die Ergebnisse eine Erfüllung des in Kapitel 2.1.4 erwähnten Kriteriums der tatsächlich unaufmerksamen Wortverarbeitung in dem gewählten Experimentalparadigma deutlich machen.

Es wurde jedoch auch dargestellt, daß die betreffenden Ergebnisse einen kleinen Interpretationsspielraum zulassen. Dieser bietet trotz der elektrophysiologischen Daten eine relativ vollständige Verarbeitung der als nicht berichtbar eingestuften Worte im *attentional blink* an. Im Sinn dieser Argumentation werden die elektrophysiologischen Daten der P300 in ihrer Bedeutsamkeit abgeschwächt und eine alternative Erklärung für die fehlende Berichtbarkeit der Worte im *attentional blink* in Betracht gezogen (siehe Abschnitt 3.1.3.3). Eine Erklärung für die mangelnde Berichtbarkeit einiger dieser relativ vollständig verarbeiteten Worte könnte nun in der gewählten Versuchsanordnung liegen. Da die Angabe der Zielworte in den Matrizen erst nach dem Ablauf der schnellen Reizdarbietung und somit erst nach dem Verstreichen einiger Zeit erfolgte, könnten die Worte im weiteren Trialablauf vergessen worden oder aufgrund von Interferenzeffekten durch die nachfolgenden Worte der Reizdarbietungsabfolge aus dem Gedächtnis verdrängt worden sein. Im Rahmen des folgenden Experiments wird diesen beiden Interpretationsmöglichkeiten nachgegangen.

Das dritte Experiment widmet sich also der Frage, ob möglicherweise fast vollständig semantisch verarbeitete Worte innerhalb des Trialablaufs der schnellen Reizdarbietungsaufgabe bis zu der Abfrage in den Matrizen verloren werden können. Wiederum werden in die schnelle Reizdarbietungsabfolge zwei beziehungsweise drei zu beachtende Zielworte eingefügt und das zweite Zielwort zum Zeitpunkt des durch den ersten Zielreiz verursachten *attentional blink* dargeboten. Betrachtet wird nun die Erkennungsleistung für die im *attentional blink* liegenden zweiten Zielworte unter den unterschiedlichen experimentellen Bedingungen.

Im ersten Ansatz wird angenommen, das Vergessen eines Wortes sei eine Funktion der Zeit, in der keine festigende Verarbeitung stattfinden kann (festigendes Wiederholen, *rehearsal*): Je länger die Zeitspanne zwischen der Darbietung der Worte und der Möglichkeit, diese Worte zu festigen ist, desto wahrscheinlicher sollte ein Vergessen der Worte sein. Da die Probanden innerhalb der schnellen Reizdarbietung nach der Darbietung des zweiten Zielreizes ein weiteres, drittes Zielwort erwarten, kann davon ausgegangen werden, daß sie

die Reizdarbietung weiterhin zu beachten versuchen. Diese Beachtung könnte nun eine tiefere Verarbeitung der Zielworte verhindern. Je größer also die Menge der nachfolgenden Reize und damit verbunden je länger die Dauer der Präsentation ist, desto weniger Möglichkeit sollte sich für eine Festigung der Repräsentation der zweiten Zielreize ergeben und desto schlechter sollte deren spätere Erkennung sein. Bei einer Variation der Reizdarbietungsdauer nach der Darbietung des zweiten Zielwortes (Dauer; kurz: 417 Millisekunden, mittel: 750 Millisekunden und lang: 1083 Millisekunden) sollte es bei einem angenommenen Einfluß des festigenden Wiederholens zu einer schlechteren Erkennungsleistung der zweiten Zielworte kommen, je länger die Darbietungsdauer ist.

Eine weitere Möglichkeit, warum die angenommenerweise vollständig analysierten Worte vergessen werden könnten, liegt in der durch die nachfolgenden Worte verursachten Interferenz. Im Sinn des Interferenzmodells des *attentional blink* (Shapiro et al., 1994; Raymond et al., 1995) wird möglicherweise das sich bereits in einem Kurzzeitspeicher befindliche Zielwort insbesondere durch ein nachfolgendes drittes Zielwort verdrängt und kann aus diesem Grund nicht mehr berichtet werden. Um dieser Frage nachzugehen, wird die Interferenz für die zweiten Zielworte im Experiment manipuliert: In der Hälfte der Trials wird ein drittes Zielwort dargeboten, also Interferenz zwischen den beiden letzten Zielworten erzeugt, in der anderen Hälfte der Trials gibt es keine dritten Zielworte. In diesem Fall kann keine Interferenz durch ein nachfolgendes Zielwort auftreten und die Erkennungsleistung – sollte die Interferenz ein Einflußfaktor auf das Vergessen darstellen – für die zweiten Zielworte sollte größer sein.

In dem Experiment soll jedoch noch ein weiterer, entscheidender Punkt geklärt werden. Er betrifft die Frage nach der zeitlichen Konstanz der semantischen Bahnung. Während an der bahnenden Wirkung vollständig erkannter und verarbeiteter Primes auf nachfolgende, semantisch assoziierte Probes kein Zweifel besteht, sind die Ergebnisse der bahnenden Wirkung maskierter und nicht erkannter Primes – wie bereits in der Einleitung dargelegt (siehe Kapitel 2.1.3.2) - uneinheitlich. Diese Uneinheitlichkeit drückt sich auch in dem Vergleich der semantischen Bahnungseffekte nicht erkannter Primes während des *attentional blink* des ersten Experiments und des Experiments von Shapiro, Driver et al. (1997) aus. Im ersten Fall ließ sich eine semantische Bahnung bei Betrachtung der EKP feststellen, die Verhaltensdaten jedoch lieferten keine Evidenz für eine bahnende Wirkung der nicht berichtbaren Primes. Dieses Ergebnis ließ sich jedoch in der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) erzielen.

Eine Erklärung dieser diskrepanten Ergebnisse ist in den unterschiedlichen Versuchsabläufen zu suchen. So besteht ein Unterschied zwischen den Studien in der Länge des Zeitintervalls zwischen der Darbietung der Primes und der Probes: In dem ersten Experiment der vorliegenden Arbeit wurden die Probes an der siebten Position nach den Primes dargeboten. Dieser zeitliche Abstand entspricht einer SOA von 583 Millisekunden. In der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) wurden die Probes jedoch bereits an der dritten Position nach den Primes mit einer SOA von 270 Millisekunden dargeboten. Dieser

empirische Unterschied der in den beiden Studien gewonnenen Verhaltensdaten korrespondiert mit theoretischen Überlegungen bezüglich des Zeitverlaufs der automatischen semantischen Bahnung. Als automatischer Prozeß wird die theoretisch angenommene automatische Aktivierungsausbreitung als schnell wirkender Prozeß beschrieben, der jedoch bei dem Ausbleiben kontrollierter Mechanismen eine geringe zeitliche Ausdehnung besitzt (siehe Neely, 1991; Balota, 1994; auch Kapitel 2.1.1). Diese, auf der Grundlage von Verhaltensdaten basierende, theoretische Annahme bietet somit eine Erklärung der unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Studien. Neben der Auflösung der empirischen Unterschiede bietet sich durch den unterschiedlichen Zeitverlauf zusätzlich eine Möglichkeit der Dissoziation möglicher automatischer und kontrollierter Bahnungsmechanismen.

Anhand des nachfolgenden Experiments soll nun der Einfluß der zeitlichen Beziehung zwischen Prime und Probe auf die resultierende semantische Bahnung untersucht werden. Hierzu wird der Abstand zwischen Prime und Probe dreifach manipuliert: Das Probe wird an der dritten Position (SOA: 250 Millisekunden, entspricht etwa dem zeitlichen Abstand der Studie von Shapiro, Driver et al., 1997), an der siebten Position (entspricht dem Abstand des ersten Experiments der vorliegenden Arbeit, SOA: 583 Millisekunden) und an der elften Position (mit einer SOA: 917 Millisekunden) nach dem Prime dargeboten. Hierbei kann ein direkter Vergleich der semantisch bahnenden Wirkung von berichtbaren versus nicht berichtbaren Primes unter den drei Zeitabständen erfolgen. Findet im *attentional blink* lediglich eine unvollständige Wortverarbeitung der nicht berichtbaren Primes statt, so sollten diese nur eine automatische Aktivierungsausbreitung auslösen. Diese sollte zu einem kurzfristigen Erkennungsvorteil der semantisch assoziierten Probes führen. Im Gegensatz hierzu sollten berichtbare Primes sowohl automatische als auch kontrollierte Bahnungsmechanismen zulassen, wodurch sich ein Erkennungsvorteil der semantisch assoziierten Probes in kurzen und auch in langen SOA bemerkbar machen sollte.

3.3.1 Methode

3.3.1.1 Probanden

An dem Experiment nahmen 53 Probanden teil. Um Bodeneffekte zu vermeiden, wurden jedoch Probanden, die weniger als 50% des ersten Zielwortes (Target 1) und weniger als 15% des zweiten Zielwortes (Target 2) erkannten, von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Von den 53 Probanden gelangten so nur 25 Probanden in die endgültige Auswertung. Ihr Durchschnittsalter betrug 23 Jahre (Altersspanne zwischen 19 und 42). 17 der Probanden waren weiblich, acht männlich, 24 bezeichneten sich als rechtshändig, eine als linkshändig. Ihre Muttersprache war deutsch. Auch sie wurden für die Teilnahme an dem Versuch entweder finanziell oder durch die entsprechenden Probandenstunden entlohnt.

3.3.1.2 Material

Die Reizdarbietung eines Trials ist in Abbildung 15 dargestellt. Den Probanden wurden 1-3 silbige, 3-8 buchstabige deutsche Nomen in großbuchstabiger Schrift dargeboten. Die Versuchsanordnung entspricht bezüglich der Wortgröße, Verweildauer der Worte, des Interstimulusintervalls und der daraus resultierenden Präsentationsrate Experiment 1.

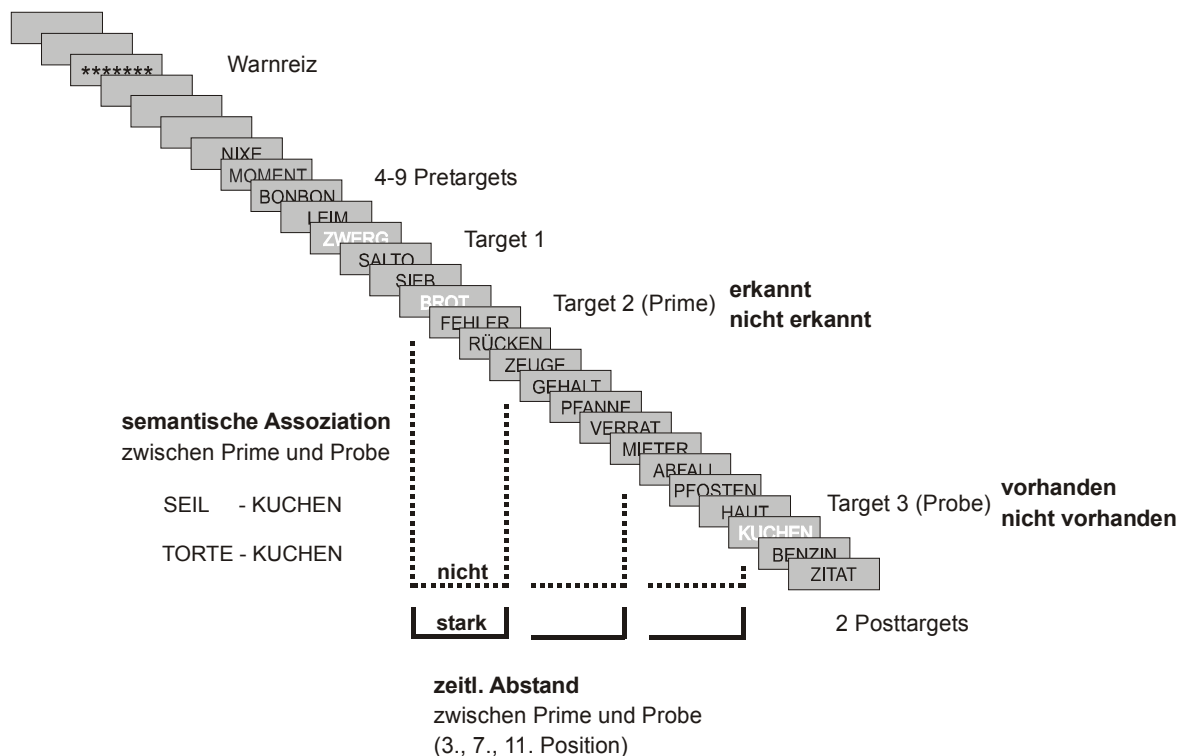


Abbildung 15. Schematische Darstellung der Reizabfolge des Experiment 3. Die Darbietungsparameter entsprechen Experiment 1. Abweichend wurde hier die SOA zwischen der Darbietung des Primes und des Probes dreifach manipuliert (zeitlicher Abstand zwischen Prime und Probe: 3. Position [Zeit 1: 250 Millisekunden], 7. Position [Zeit 2: 583 Millisekunden] und 11. Position [Zeit 3: 917 Millisekunden]). Die semantische Assoziationsstärke zwischen dem Prime und dem Probe wurde lediglich zweifach manipuliert (starke Assoziation oder keine Assoziation zwischen Prime und Probe). Nähere Erläuterungen siehe Text.

In die Abfolge schwarzer Distraktorworte wurden zwei oder drei weiße Zielworte eingefügt (Target 1, Prime und in der Hälfte der Fälle ein drittes Zielwort, das Probe). Die Aufgabe der Probanden bestand wiederum darin, die vorhandenen weißen Zielworte zu erkennen und sie nach der Wortabfolge in den unterschiedlichen Matrizen zu markieren.

Die Anzahl der Pretargets wurde analog dem Trialablauf des ersten Experiments von 4-9 variiert. An der dritten Position nach dem ersten Zielwort wurde das Prime (mit einer SOA zum ersten Target von 250 Millisekunden) dargeboten. Die Anzahl der nach den Primes dargebotenen Worte jedoch wurde je nach der experimentellen Bedingung (Zeitfaktor) verändert: Die Probes wurden an der dritten Position nach den Primes (mit einer SOA von

250 Millisekunden, Zeit 1), an der siebten Position nach den Primes (mit einer SOA von 583 Millisekunden, Zeit 2) oder an der elften Position (mit einer SOA von 917 Millisekunden, Zeit 3) nach den Primes dargeboten. Zum Zweck der Maskierung der Probes wurden nach dessen Darbietung zwei weitere Distraktoren dargeboten.

Wie im ersten Experiment wurden die ersten Zielworte zufällig, jedoch hier aus einer Menge von 32 möglichen ersten Zielworten ausgewählt. Den 24 ersten Zielworten des ersten Experiments wurden 8 weitere, nicht zu den anderen in diesem Experiment benutzten Worten in semantischer Beziehung stehende Worte hinzugefügt. Die dritten Zielworte (Probes) wurden wiederum aus einer Menge von 32 möglichen Probeworten gezogen. Auch hier fanden die 24 bereits in Experiment 1 benutzten Worte Verwendung. Jedes der 32 Probes stand in starker semantischer Beziehung zu einem der 32 Primeworte. Zur Bildung nicht semantisch assoziierter Wortpaare wurden die gleichen Primeworte benutzt, nur die Zuordnung der Primes zu den Probes verändert. So entstanden für jedes Probe 2 Prime-Probe Paare, die im Verlauf des Experiments 6 mal wiederholt wurden. Hieraus resultiert eine Anzahl von 384 Experimentaltrials.

Zur Überprüfung der Festigungs – und der Interferenzhypothese wurde in der Hälfte der Trials kein drittes, weißes Zielwort (Probe) dargeboten. Diese Bedingung wurde geschaffen, indem die Probes in 3 von 6 wiederholt benutzten Prime-Probe Paaren in schwarz, also in der Distraktorfarbe dargeboten wurden.

Die Auswahl der Distraktoren und die Maskierung wurde analog Experiment 1 realisiert.

Ebenfalls analog Experiment 1 wurden zusätzlich zu den Experimentaltrials aus dem Experimentalmaterial 32 Übungstrials gebildet. In diesen Übungstrials waren alle möglichen Bedingungen relativ gleichhäufig vertreten (32 von 36 möglichen Permutationen der Bedingungen wurden realisiert).

3.3.1.3 Versuchsaufbau

Der Trialablauf entspricht Experiment 1. Nach dem Trialablauf bekamen die Probanden in allen Trials drei Matrizen zur Auswahl der weißen Zielworte dargeboten. Die Matrizen wurden neben den Fragezeichen von 16 der 32 möglichen Worte gebildet. In der dritten Matrix zur Auswahl des Probes gab es zusätzlich die Möglichkeit anzugeben, daß es kein drittes Zielwort (Probe) gab. Die Probanden wurden instruiert, wenn sie bezüglich der Abwesenheit des Probes sicher waren, diese Wahl zu treffen und nicht die Fragezeichen zu wählen.

Nach vier Übungsblöcken (32 Trials) bearbeiteten die Probanden weitere 48 Blöcke á acht Trials.

3.3.1.4 Daten-Aufzeichnung

Die Reizdarbietung erfolgte auf einem Farbbildschirm (SONY TRINITON). Die Messung der Leuchtdichte für den grauen Hintergrund dieses Bildschirms ergab den Wert von 11.4 cd/m²; für schwarze Worte auf diesem Hintergrund ergab sich der Wert von 11.0 cd/m² und

für weiße Worte der Wert von 8.5 cd/m^2 . Die Steuerung und Aufzeichnung der Verhaltensdaten wurde von einem ATARI TT erbracht.

3.3.1.5 Auswertung

In dem Experiment wurden verschiedene Hypothesen überprüft.

Um eine Einschätzung über den möglichen *attentional blink* zu gewinnen, wurde zunächst die Erkennungsleistung aller drei Zielworte betrachtet. Hier wurden jedoch nur Trials berücksichtigt, in denen alle drei weißen Zielworte vorkamen. Wie bereits in den vorangehenden Experimenten wird eine Einschätzung des Erkennungsdefizits der Primes mittels des Vergleichs dieser Erkennungsleistung und der der Probes vorgenommen. Da die Erkennungsleistung der Probes jedoch möglicherweise von dem Zeitpunkt ihrer Darbietung beeinflusst wurde, wird ein Vergleich der Erkennungsleistungen der drei Zielworte für alle drei Zeitabstände durchgeführt.

Die erste Hypothese des Experiments betrifft zunächst ein mögliches Vergessen der zweiten Zielworte aufgrund der Verhinderung der Festigung der Wortrepräsentation durch die Beachtung der nachfolgenden Reizdarbietung. Dieser Hypothese sollte ohne die Beeinflussung eines dritten Zielwortes nachgegangen werden. Aus diesem Grund wurde eine Analyse nur auf die Trials, die kein drittes Zielwort enthielten, beschränkt. Es kann allerdings auch in diesem Fall von einer Beachtung der nachfolgenden Reizdarbietung und damit verbunden von einem Einfluß der Reizdarbietungsdauer ausgegangen werden, da die Probanden sich auf das Erscheinen eines dritten Zielwortes einrichteten. Der Faktor wurde dreifach manipuliert. Hieraus resultiert ein Meßwiederholungsdesign mit dem Faktor Dauer (dreistufig).

Die zweite Hypothese, der in diesem Experiment nachgegangen wird, betrifft die Beeinflussung der Erkennungsleistung der zweiten Zielworte durch eine mögliche Interferenz durch die dritten Zielworte. Es wird davon ausgegangen, daß sich die Interferenz in Abhängigkeit von dem zeitlichen Abstand der Darbietung und auch in Abhängigkeit der semantischen Assoziiertheit zwischen den zweiten Zielworten (Primes) und den interferierenden dritten Zielworten (Probes) verändern kann. Die Analyse der Erkennungsleistung der zweiten Zielworte (Primes) umfaßt somit sowohl den Faktor Zeit (dreistufig, drei Zeitintervalle zwischen zweiten und dritten Zielworten) als auch den Faktor Assoziiertheit (zweistufig, Primes (zweite Zielworte) und Probes (dritte Zielworte) semantisch assoziiert versus nicht assoziiert) zusätzlich zu dem Faktor Interferenz (zweistufig, dritte Zielworte vorhanden versus nicht vorhanden).

Die dritte Hypothese untersucht den Zeitverlauf der semantischen Bahnung der Primes auf die Erkennungsleistung der Probes in den beiden Aufmerksamkeitsbedingungen erkannter beziehungsweise nicht erkannter Primes. Es werden für diese Betrachtung nur Trials berücksichtigt, in denen alle drei weißen Zielworte dargeboten wurden. Die Analyse umfaßt demnach die Erkennungsleistung der Probes (dritte Zielworte) in Abhängigkeit von der Erkennung der Primes (zweite Zielworte, Faktor Primeerkennung, zweistufig erkannt versus nicht erkannt), in Abhängigkeit der semantischen Assoziiertheit (Faktor Assoziiertheit,

zweistufig, assoziiert versus nicht assoziiert) und in Abhängigkeit der Zeit (Faktor Zeit, dreistufig, Zeitintervalle 1-3).

Das zur Auswertung herangezogene varianzanalytische Verfahren entspricht dem von Experiment 1.

3.3.2 Ergebnisse

Abbildung 16 zeigt die über alle drei Zeitbereiche gemittelte, prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielworte für die Trials, in denen alle drei Zielworte vorhanden waren. Die Erkennungsleistungen der zweiten und der dritten Zielworte beziehen sich auf diejenigen Trials, in denen die ersten Zielworte (Target 1) richtig erkannt wurden. Target 1

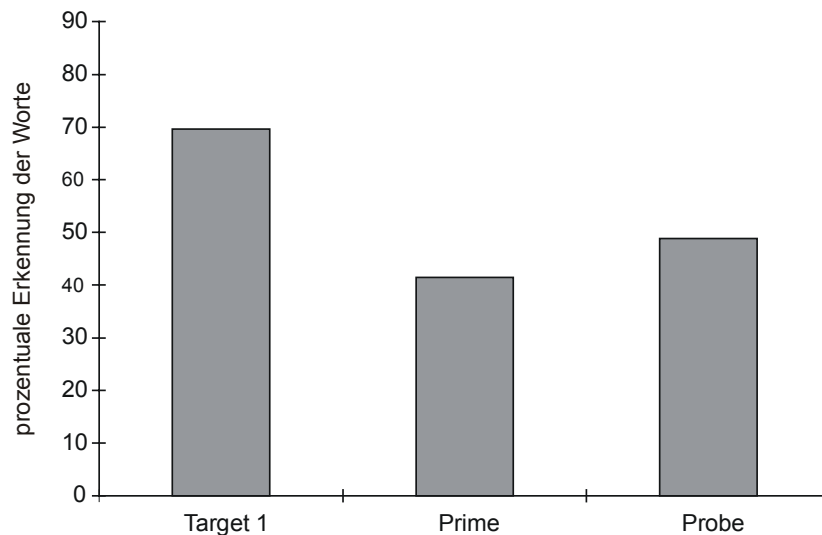


Abbildung 16. Prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielworte (für die Trials, in denen alle drei Zielworte dargeboten wurden).

wurde in 69.5 % aller Trials richtig wiedergegeben. Die Primes wurde in 41.4 % erkannt und auch die Erkennung der Probes war mit 48.8 % beeinträchtigt. Die Erkennungsleistungen der Primes und der Probes unterschieden sich von der besseren Erkennung der Target 1 (Vergleich Erkennungsleistung Target 1 – Prime: $F(1,24) = 78.31$; $p(F) < 0.01$, Vergleich Erkennungsleistung Target 1 – Probe: $F(1,24) = 135.56$; $p(F) < 0.01$). Obwohl der Unterschied nicht stark ausgeprägt ist, macht sich ein Verarbeitungsdefizit für die Primes im Vergleich zu den Probes deutlich (Vergleich Erkennungsleistung Prime - Probe: $F(1,24) = 6.45$; $p(F) < 0.05$).

Da sich die Erkennungsleistung der Probes in den drei Zeitabständen unterscheidet (Faktor Zeit für das Probe: $F(2,48) = 35.94$; $p(F) < 0.01$, Kontraste der Erkennungsleistung des Probes in den drei Zeitabständen alle $p(F) < 0.05$) bietet sich eine genauere Überprüfung des Erkennungsdefizits für die Primes durch den Vergleich der Erkennungsleistungen der drei Zielworte in den unterschiedlichen drei Zeitbereichen an. Abbildung 17 zeigt die

Erkennungsleistung der drei Zielworte für die drei Zeitbedingungen. Bis auf den Vergleich der Erkennung von Primes und Probes in dem kürzesten Zeitintervall zwischen der Darbietung der beiden Worte (Zeit 1, Vergleich Erkennungsleistung Prime – Probe: $F(1,24) = 3.12$; $p(F) = 0.09$) unterscheiden sich die Erkennungsleistungen von Target 1, Primes und Probes für die verschiedenen Zeitabständen (alle Einzelvergleiche $p(F) < 0.01$).

Zur Überprüfung der Hypothese, ob die zweiten Zielworte vergessen wurden, wurde der Abstand von der Darbietung der zweiten Zielworte (Primes) bis zu deren Wiedererkennung in

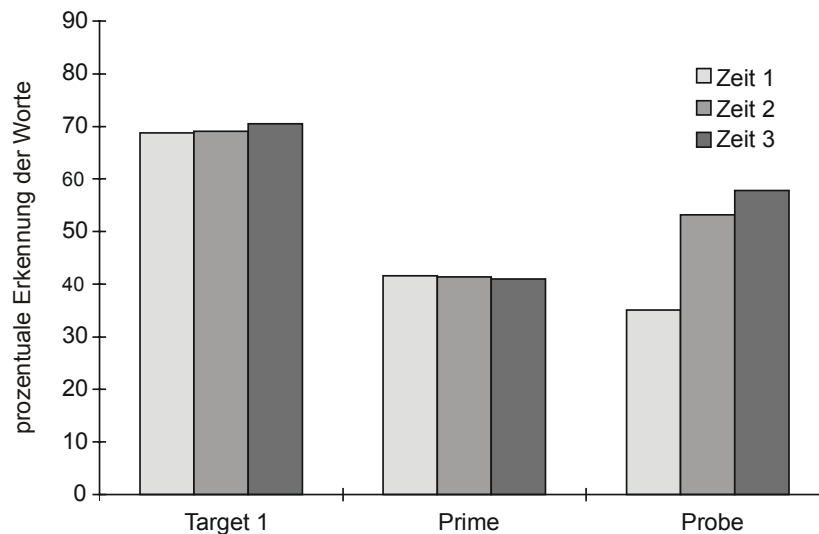


Abbildung 17. Prozentuale Erkennungsleistung der drei Zielworte in Abhängigkeit von den SOA-Bedingungen (Zeit1: 250 Millisekunden, Zeit2: 583 Millisekunden, Zeit3: 917 Millisekunden SOA zwischen Prime und Probe).

der Matrix variiert. Anhand der Analyse der Erkennungsleistung der Primes bezüglich des Faktors Dauer zeigt sich jedoch, daß die Erkennungsleistung der Primes von dieser Manipulation unbeeinflusst bleibt (Faktor Dauer: $F(2,48) = 1.28$; $p(F) > 0.28$, alle Kontraste $p(F) > 0.05$).

Zur Überprüfung der Interferenzhypothese wurde eine Hauptanalyse der Erkennung der zweiten Zielworte (Primes) mit allen Faktoren (Assoziiertheit, Zeit und Interferenz) gerechnet. Es ließ sich eine Tendenz zur schlechteren Erkennung der zweiten Zielworte erkennen, wenn dritte Zielworte (Probes) vorhanden waren. Einer 43,4 % Erkennung steht hier eine 41,4 % Erkennung mit vorhandenen dritten Zielworten gegenüber (Faktor Interferenz: $F(1,24) = 3.32$; $p(F) = 0.0810$). Ansonsten offenbarte die Analyse keine weiteren Effekte.

Abbildung 18 (nächste Seite) zeigt die Erkennungsleistung der Probes, denen semantisch assoziierte oder semantisch nicht assoziierte Primes vorangingen, in Abhängigkeit von der Erkennung beziehungsweise Nichterkennung der Primes und getrennt für die drei Zeitabstände zwischen Primes und Probes. Der Haupteffekt der Assoziiertheit

($F(1,24) = 9.62$; $p(F) < 0.01$) macht den bahnenden Einfluß semantisch assoziierter Primes auf die Erkennungsleistung nachfolgender Probes deutlich: Insgesamt werden Probes, denen ein semantisch assoziiertes Prime vorausgeht, mit 49 % besser erkannt als Probes, denen ein unassoziertes Prime vorangeht (43 % Erkennung). Die Interaktion zwischen dem Faktor der Assoziiertheit und der Erkennung des Primes ($F(1,24) = 11.85$; $p(F) < 0.01$) zeigt jedoch, daß diese semantische Beeinflussung unter den beiden Erkennungsbedingungen der Primes unterschiedlich ausgeprägt ist. Die dreifache Interaktion der Faktoren Assoziiertheit, Erkennung des Primes und Zeit ($F(2,48) = 3.55$; $p(F) < 0.05$) wiederum verdeutlicht eine Unterschiedlichkeit in der Ausprägung der Unterschiedlichkeit der Beeinflussung des semantische assoziierten Primes innerhalb der drei Zeitabstände.

Getrennte Analysen für erkannte Primes und nicht erkannte Primes zeigen eine systematische semantische Bahnung für alle drei Zeitabstände zwischen Primes und Probes, wenn die Primes erkannt wurden (Haupteffekt Assoziiertheit: $F(1,24) = 19.54$; $p(F) < 0.01$, Effekt der Assoziiertheit pro Zeitbereich jeweils $p(F) < 0.05$).

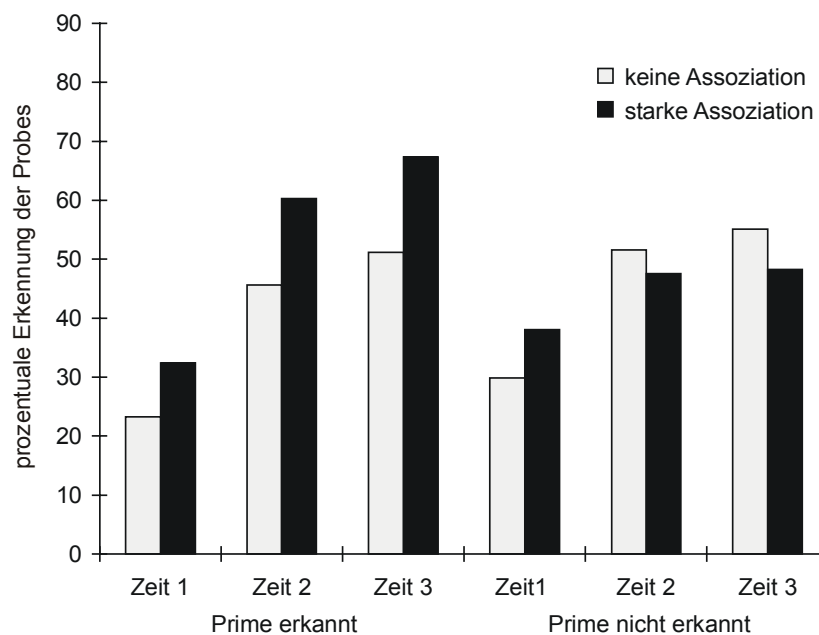


Abbildung 18. Prozentuale Erkennungsleistung der Probes in Abhängigkeit der semantischen Assoziation zu dem vorangehenden Prime, deren Erkennung und den drei Zeit-Bedingungen (Zeit1: 250 Millisekunden, Zeit2: 583 Millisekunden, Zeit3: 917 Millisekunden SOA zwischen Prime und Probe).

Eine semantische Bahnung für nicht erkannter Primes läßt sich jedoch nur für den kürzesten Zeitabstand zwischen Primes und Probes nachweisen (Effekt der Assoziiertheit für diesen Zeitbereich 1: $F(1,24) = 4.81$; $p(F) < 0.05$). Bei länger werdendem Zeitabstand zwischen Primes und Probes läßt sich kein Erkennungsvorteil für semantisch assoziierte Probes mehr erkennen (Effekt der Assoziiertheit für Zeitbereich 2: $F(1,24) = 0.88$; $p(F) >$

0.35). Der Einfluß der Assoziertheit äußert sich im größten Zeitabstand zwischen Primes und Probes vielmehr in einer Tendenz zu einem umgekehrten Effekt (Effekt der Assoziertheit für Zeitbereich 3: $F(1,24) = 3.20$; $p(F) = 0.086$).

Dieser Sachverhalt wird gestützt durch den direkten Vergleich des Effektes der Assoziertheit und der Erkennung des Primes für die drei Zeitbereiche. Die fehlende Interaktion der Faktoren Assoziertheit und Erkennung des Primes ($F(1,24) = 0.03$; $p(F) > 0.86$) verdeutlicht die bei kurzem Zeitabstand vergleichbare Beeinflussung erkannter und nicht erkannter Primes auf nachfolgende Probes. Bei längeren Zeitabständen macht sich die Unterschiedlichkeit der Bahnung erkannter versus nicht erkannter Primes bemerkbar (Interaktionen zwischen Assoziertheit und der Erkennung des Primes für beide Zeitabstände $p(F) < 0.05$). Eine Darstellung des Bahnungseffektes als Differenz der semantisch assoziierten Fälle minus der semantisch nicht assoziierten Fälle ist in Abbildung 19 verwirklicht.

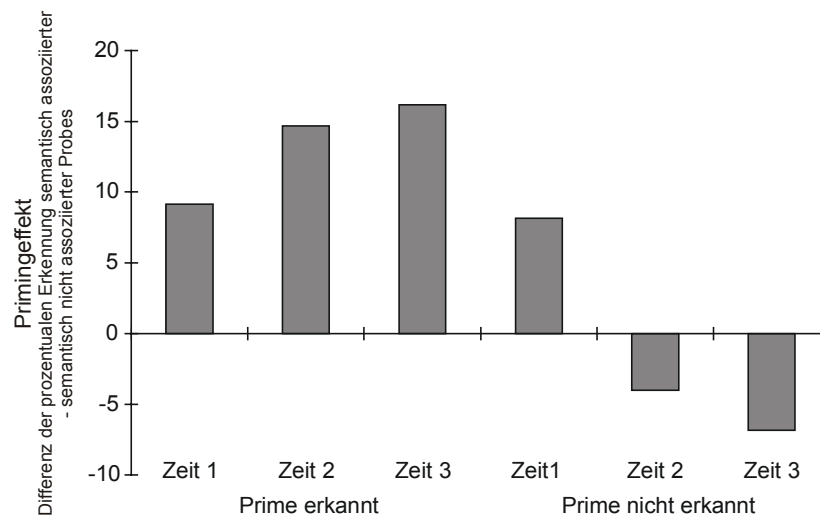


Abbildung 19. Effekt der semantischen Assoziation zwischen Prime und Probe dargestellt für erkannte versus nicht erkannte Primes und in den drei Zeit-Bedingungen (Zeit1: 250 Millisekunden, Zeit2: 583 Millisekunden, Zeit3: 917 Millisekunden SOA zwischen Prime und Probe).

3.3.3 Diskussion

Um einen Überblick über die erzielten Ergebnisse des Experiments zu gewinnen, wird vor ihrer Einschätzung noch einmal kurz auf sie eingegangen.

Wie bereits bei den beiden vorangehenden Experimenten erfolgt eine Beurteilung über das Vorhandensein des *attentional blink* anhand des Vergleiches der Erkennungsleistung des zweiten und des dritten Zielreizes. Bei dieser Betrachtung läßt sich für die beiden längeren SOA ein Unterschied der Erkennungsleistung der betreffenden Worte und damit

das Erkennungsdefizit für das zweite Zielwort feststellen. Dieses Ergebnis repliziert die Befunde der vorangehenden beiden Experimente. Da die Darbietungsparameter nicht verändert wurden und lediglich ein Austausch der Worte stattfand, ist es jedoch nicht überraschend und zeigt die Robustheit des Effektes. Der Vergleich der Erkennungsleistung des zweiten und dritten Zielwortes in der kürzesten SOA zeigt keinen *attentional blink*, da die Erkennungsleistung des dritten Zielwortes in diesem Fall sehr niedrig ist. Dieser Sachverhalt läßt sich wahrscheinlich durch die geringe SOA zwischen den zweiten und den dritten Zielworten erklären. So betrug die SOA der dritten Zielworte 500 Millisekunden zu den ersten und 250 Millisekunden zu den zweiten Zielworten. Da der *attentional blink* im Zeitbereich zwischen ca. 200-500 Millisekunden (siehe z.B. Raymond et al., 1992) nach einem Zielreiz vorhanden ist, befanden sich die dritten Zielworte wahrscheinlich noch unter dem Einfluß dieses Verarbeitungsdefizits. Obwohl es keine systematischen Untersuchungen bezüglich der Auslösung multipler *attentional blink* gibt, kann weiterhin davon ausgegangen werden, daß die dritten Zielworte zusätzlich von einem durch die Verarbeitung der zweiten Zielworte verursachten Erkennungsdefizit betroffen waren. Die geringe Erkennungsleistung der Probes entspricht zudem den Werten (32% Erkennung der Probes nach Interpolation der Daten anhand der Abbildung) der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997). Es ist somit festzuhalten, daß in dem dritten, wie in den beiden vorangehenden beiden Experimenten ein *attentional blink* in der Versuchsanordnung nachgewiesen werden konnte. Obwohl bezüglich der allgemeinen Erkennungsleistung noch eine Frage zu klären ist (siehe unten), rechtfertigt es dieses Ergebnis, die gestellten Hypothesen weiterhin zu verfolgen.

Was passierte mit den Worten im *attentional blink*, die nach Ablauf der schnellen Reizdarbietungsabfolge nicht mehr in den Matrizen angegeben werden können?

Um die nach den Ergebnissen der elektrophysiologischen Daten des ersten Experiments zwar unwahrscheinliche, aber denkbare Alternative zu untersuchen, die nicht berichtbaren Worte wurden vollständig erkannt und lediglich vergessen, wurden zwei Ansätze verfolgt. Diese Ansätze betreffen die Möglichkeit, daß die zweiten Zielworte im Lauf der schnellen Reizdarbietung verloren gingen und aus diesem Grund nicht in den Matrizen angegeben werden konnten. Es wurde angenommen, daß die fehlende Möglichkeit, die Worte zu wiederholen und dadurch ihre Repräsentation im Gedächtnis zu halten zu dem Verlust der Worte führen könnte. Weiterhin wurde angenommen, daß der Verlust der Worte mit der Zunahme dieser besetzten Zeitspanne größer werden sollte. In dem durchgeführten Experiment wurde die Länge der schnellen Reizdarbietungsabfolge nach der Darbietung des zweiten Zielwortes manipuliert. Diese Manipulation zeigte keinen Einfluß auf die Erkennungsleistung der zweiten Zielworte.

Als weiterer möglicher Grund für die fehlende Berichtbarkeit eventuell fast vollständig verarbeiteter Worte wurde in Anlehnung an das von Shapiro et al. (1994; siehe auch Raymond et al., 1995) formulierte Modell die Interferenz durch nachfolgende Zielreize in Betracht gezogen. Zur Einschätzung dieses Faktors wurde in der Hälfte aller Trials ein drittes Zielwort dargeboten, in der anderen Hälfte der Trials jedoch nicht. Diese durch das

Vorhandensein der dritten Zielworte verursachte Interferenz zeigte tendentiell einen negativen Einfluß auf die Erkennungsleistung der zweiten Zielreize. Zwar erreicht der Wert nicht das geforderte Signifikanzniveau, er macht jedoch den Einflußfaktor der Interferenz deutlich. Dieser - allerdings nur tendentiell vorhandene - Einfluß entspricht den Vorstellungen des Interferenzmodells von Shapiro et al. (1994) und steht in Einklang mit den Ergebnissen von Isaak et al. (1999). Die Autoren wiesen die interferierende Wirkung nachfolgender Zielreize anhand von Verwechslungsfehlern nach (siehe Kapitel 2.3.2.2). Das Ergebnis kann als Hinweis auf mögliche interferierende Wirkungen weiterer Zielreize auf die Berichtbarkeit eines Wortes angesehen werden. In diesem Sinn würde es das Behalten und Erinnern der Worte im *attentional blink* stören, die auch innerhalb einer Informationsverarbeitungsreihe schon weit verarbeitet worden sein könnten (siehe jedoch unten).

Die Betrachtung des Zeitverlaufs der semantischen Bahnung offenbart interessante Ergebnisse. Im Fall erkannter Primes stellt sich der erwartete Bahnungseffekt in Form der besseren Erkennung der semantisch assoziierten Probes für alle drei SOA zwischen Primes und Probes heraus. Im Gegensatz hierzu bewirken nicht berichtbare Primes eine semantische Bahnung der Erkennung der Probes lediglich in der kürzesten SOA. In der mittleren SOA stellt sich kein Bahnungseffekt heraus und in der längsten verwirklichten SOA kommt es sogar tendentiell zu einem umgekehrten Bahnungseffekt, also zu einer schlechteren Erkennung der semantisch assoziierten Probes.

Auf die Bedeutung der Ergebnisse im Rahmen der in der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung wird in der nachfolgenden Einschätzung eingegangen.

3.3.3.1 Einschätzung

Das Ziel des dritten Experiments war es einerseits, eine Einschätzung über die tatsächliche Verarbeitung der Worte im *attentional blink* zu gewinnen. Diese Einschätzung ist notwendig, um zu einer Beurteilung der semantischen Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* zu kommen. Als wahrscheinliche Schlußfolgerung aus den Ergebnissen des ersten und auch des zweiten Experiments wurde angenommen, die nicht berichtbaren Worte seien tatsächlich nicht vollständig verarbeitet worden. Sollten sie entgegen dieser Annahme jedoch vollständig verarbeitet worden sein, so würde sich die Betrachtung der semantischen Verarbeitung dieser nun als aufmerksam verarbeitet einzuschätzenden Worte erübrigen. In diesem Fall muß jedoch eine Erklärung für die mangelnde Berichtbarkeit einiger dieser vollständig verarbeiteten Worte gefunden werden. Das dritte Experiment untersuchte nun den Einfluß möglicher Vergessensmechanismen auf die Erkennungsleistung der im *attentional blink* dargebotenen Worte. Sollte sich ein Einfluß der Wiederholungsmöglichkeit oder der interferierenden Wirkung eines weiteren Zielreizes auf die Berichtbarkeit der zweiten Zielworte bemerkbar machen, so könnte die oben formulierte vollständige Wortverarbeitung im *attentional blink* nicht mehr ausgeschlossen werden.

Die Länge der Zeit, in der die im *attentional blink* liegenden Worte nicht innerlich wiederholt und somit im Gedächtnis aktiv gehalten werden können, beeinflusst die Berichtbarkeit dieses Wortes in dem oben gewählten Paradigma nicht. Größere Bedeutung scheint der Interferenz durch nachfolgende Reize zuzukommen. Der Interferenzeffekt war jedoch lediglich schwach ausgeprägt und bietet somit keine ausreichende Erklärung für die schlechte Berichtbarkeit der Worte im *attentional blink*. Bei weiteren Überlegungen offenbart sich zudem noch ein weiterer Gesichtspunkt bezüglich des Interferenzeffektes. Das Vorhandensein dritter Zielreize hat offensichtlich keinen Einfluß auf die Erkennungsleistung der ersten Zielreize (die Ergebnisse der Analyse sind Tabelle 31 im Anhang zu entnehmen) und betrifft somit selektiv die Erkennungsleistung der zweiten Zielreize. Dieser Unterschied bezüglich der Beeinflussbarkeit der Erkennungsleistung durch nachfolgende Reize wiederum kann als Hinweis auf eine unterschiedliche Verarbeitung der beiden Zielreize angesehen werden: Während die Verarbeitungskapazitäten für die Verarbeitung des ersten Zielwortes noch unverbraucht sind, gelingt es offensichtlich, eine stabile Repräsentation für dieses Wort zu bilden. Im Gegensatz hierzu zeigt sich das zweite Zielwort tendentiell anfällig für die mögliche Interferenz eines nachfolgenden Wortes. Ungeachtet des möglichen Einflusses des geringeren zeitlichen Abstandes zwischen dem zweiten und dem dritten Zielwort im Vergleich des Abstandes zwischen dem ersten und dritten Zielwort und der möglicherweise mit diesem Sachverhalt einhergehenden, unterschiedlich starken Interferenzwirkung des dritten Zielwortes auf die beiden betrachteten Worte, spricht diese Interpretation des Ergebnisses eben für eine - im Vergleich mit der Verarbeitung des ersten Zielwortes - eher unvollständige Verarbeitung des zweiten Zielwortes.

Die beiden oben genannten Ergebnisse bezüglich der Wirkung von Vergessensmechanismen zusammenfassend kann deren Einfluß auf die Berichtbarkeit der zweiten Zielworte als gering eingestuft werden. Somit erscheint auch eine vollständige Analyse der später nicht berichtbaren Primes unwahrscheinlich und es kann vielmehr von einer tatsächlich unterschiedlichen Reizverarbeitung später berichtbarer versus nicht berichtbarer Worte ausgegangen werden. Diese Interpretation wird bereits durch die Ergebnisse der elektrophysiologischen Messung der ersten beiden Experimente nahegelegt und durch die weiteren Ergebnisse des dritten Experiments, die den Zeitverlauf der semantischen Bahnung betreffen, bestätigt.

Ein zweites Untersuchungsziel des dritten Experiments befaßte sich sodann nochmals direkt mit der semantischen Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* und betraf den Zeitverlauf der semantischen Bahnung. Bei gegebener unaufmerksamer Verarbeitung der Worte im *attentional blink* sollten nicht berichtbare Primes theoretisch lediglich automatische Bahnungsmechanismen auslösen. Diese sollten mittels der Messung der Erkennungsleistung nur in der kürzesten SOA vorhanden sein. Im Gegensatz hierzu sollten erkannte und berichtbare Primes theoretisch sowohl automatische als auch kontrollierte Bahnungsmechanismen verursachen. Diese sollten sich in allen SOA anhand des Bahnungseffektes bemerkbar machen.

Die gewonnenen Ergebnisse entsprechen den geäußerten Hypothesen. Im Fall erkannter Primes kommt es in allen drei verwirklichten SOA zwischen Primes und Probes zu einer besseren Erkennung der semantisch assoziierten Probes. Ein derartiger Bahnungseffekt der Erkennung der semantisch assoziierten Probes ließ sich im Fall der nicht berichtaren Primes lediglich für die kürzeste SOA von 250 Millisekunden nachweisen. In den längeren SOA von 583 und 917 Millisekunden kommt es zu keiner Verbesserung der Erkennungsleistung semantisch assoziierter Probes. Diese Ergebnisse stützen die Annahme, daß berichtbare und nicht berichtbare Primes im *attentional blink* tatsächlich unterschiedlich verarbeitet werden. Es kommt zu unterscheidbaren Effekten in der semantischen Bahnung: erkannte Primes lösen zusätzlich zu schnell wirkende auch länger andauernde Bahnungseffekte aus während nicht erkannte Primes lediglich schnell wirkende und kurz andauernde Bahnungseffekte hervorrufen können. Gleichzeitig zeigt dieses Ergebnis deutlich, daß unterschiedlich verarbeitete, nicht berichtbare und zu ihrem Verarbeitungszeitpunkt mit sehr großer Wahrscheinlichkeit auch tatsächlich unterschiedlich verarbeiteter Primes semantisch analysiert werden können. Als Mechanismus dieser semantischen Analyse kommt nach den Ergebnissen jedoch nur die automatische Aktivierungsausbreitung in Frage.

Neben diesem Ergebnis soll jedoch ein weiterer Effekt betrachtet werden. Der Zeitverlauf der semantischen Bahnung erkannter versus nicht erkannter Primes scheint sich nicht nur in diesem oben genannten, einen Aspekt zu unterscheiden. So kommt es bei der längsten SOA zu einer starken Tendenz zu einem umgekehrten Effekt: Die semantisch assoziierten Probes werden schlechter erkannt als die nicht semantisch assoziierten Probes. Ein derartig inhibitorischer Einfluß trat bereits im ersten Experiment der vorliegenden Arbeit auf. Bei der SOA von 583 Millisekunden zwischen der Darbietung der Primes und Probes kam es im Fall der nicht erkannten Primes dort ebenfalls zu einer schlechteren Erkennungsleistung der semantisch stark assoziierten Probes im Vergleich zu der Erkennungsleistung der unassoziierten oder schwach assoziierten Probes. Dieser inhibitorische Effekt wurde dort zunächst nicht erwartet und ergibt sich nach den bisherigen theoretischen Vorstellungen über die der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Mechanismen nicht zwingend. Im Gegensatz zu kontrollierten Bahnungsmechanismen wird ein inhibitorisch wirkender Einfluß der automatischen Aktivierungsausbreitung nicht angenommen (vergleiche Kapitel 2.1.1.1).

Für die Interpretation der im Rahmen der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung ist die Betrachtung dieser durch nicht erkannte Worte ausgelösten semantischen Inhibitionseffekte bedeutsam. Da diesbezügliche Überlegungen jedoch mit den Ergebnissen der weiteren durchgeführten Experimente in Zusammenhang gebracht werden sollen, wird auf sie ausführlicher erst in der allgemeinen Diskussion (Kapitel 4) eingegangen.

Auf einen, die allgemeine Erkennungsleistung der drei Zielworte betreffenden weiteren Punkt soll jedoch noch eingegangen werden. Es wurde bereits angefügt, daß die allgemein geringe Erkennung der Probes auf die kürzeste SOA zurückführbar ist. Im Vergleich zu der

Erkennung der Zielworte der beiden vorangehenden Experimente fällt jedoch auf, daß auch die Erkennungsleistung der ersten und die der zweiten Zielworte in dem dritten Experiment sehr gering sind. Mit 69.5 % (ersten Zielwort) und 41.4 % (zweites Zielwort) liegt die Erkennung der Worte deutlich unter der des ersten Experiments (ersten Zielwort: 82 %, zweites Zielwort: 49.2 %) und des zweiten Experiments (ersten Zielwort: 76.8 %, zweiter Zielreiz (Buchstabenreize und Worte): 60.4 %, nur zweites Zielwort: 68.5 %). Obwohl keine EEG-Aufzeichnung stattfand, machte sich zudem in dem dritten Experiment eine hohe Ausfallquote der Probanden (von 53 Probanden erreichten lediglich 25 die geforderten Erkennungskriterien für das erste und zweite Zielwort) bemerkbar. Da eine Kontrolle der zeitlichen Eigenschaften der Reizdarbietung stattfand, ist es anzunehmen, daß diese Unterschiede in den Erkennungsleistungen auf die Verwendung der unterschiedlichen Bildschirme zurückzuführen ist und damit verbunden auf abweichenden Helligkeitsparametern beruhen. Diese Vermutung liegt aufgrund der Messung der abweichenden Leuchtdichtewerte der unterschiedlichen Reizbedingungen für die unterschiedlichen Bildschirme nahe. Zur Einschätzung der in der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung sollte jedoch eine Vergleichbarkeit der Studien gegeben sein. Es ist deshalb notwendig, eine Einschätzung des Einflusses dieser Helligkeitsparameter auf die Ausprägung des *attentional blink* zu gewinnen. Diese Überprüfung wird in dem vierten Experiment der vorliegenden Arbeit verfolgt. Eine Diskussion der allgemein geringen Erkennungsleistung der Zielworte im dritten Experiment wird somit auf das nachfolgende Kapitel verschoben.

3.4 Der Einfluß des Kontrastes auf die Erkennung der Zielworte im *attentional blink* (Experiment 4)

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu einer Einschätzung der möglichen semantischen Verarbeitung von nicht berichtbaren Worten im *attentional blink* zu kommen. Um die Aussage zu treffen, daß eine semantische Wortverarbeitung in der Abwesenheit der Aufmerksamkeit stattfinden kann, sollten nach Möglichkeit die drei in Kapitel 2.1.4 erwähnten und von verschiedenen Autoren (siehe Holender, 1986; Merikle & Daneman, 2000) für notwendig erachteten Kriterien erfüllt werden. Eine Berücksichtigung aller Kriterien in einem einzigen Experiment erscheint jedoch nahezu utopisch. Aus diesem Grund wurde eine Reihe von drei Experimenten durchgeführt, die sich bezüglich des Reizablaufs, des Reizmaterials und der Darbietungsparameter nur geringfügig unterschieden. Trotz dieser angestrebten Ähnlichkeit der Versuchsparameter stellte sich in den drei Experimenten eine stark differierende Erkennungsleistung der drei Zielreize innerhalb der schnellen Reizdarbietungsabfolge und auch eine unterschiedliche Ausprägungsstärke des *attentional blink* heraus (siehe Diskussion vorangehendes Experiment, Kapitel 3.3.3.1). Da die Experimente teilweise parallel durchgeführt wurden und unterschiedliche Bildschirme verwendet wurden, liegt die Vermutung nahe, daß dieser Erkennungsunterschied durch Unterschiede der physikalischen Leuchteigenschaften der Bildschirme verursacht worden sein könnte. Für eine bessere Übersicht sind die gemessenen Werte der Beleuchtungsichte der drei verwendeten Bildschirme unter den relevanten Reizbedingungen in Tabelle 1 noch einmal dargestellt.

Tabelle 1. Ergebnisse der Messung der Beleuchtungsichte der drei in den vorangehenden Experimenten verwendeten Bildschirmen unter verschiedenen Reizdarbietungsbedingungen (Darbietung schwarzer bzw. weißer Worte auf grauem Hintergrund). Ebenso wurden die Farben unter der Ausfüllung des gesamten Bildschirms gemessen. Die Messung erfolgte mit einem Leuchtdichtemeßgerät (Photometer Firma UDT [United Detector Technology] Modell UDT-111c) unter gleichen äußeren Bedingungen. Die Werte sind in Leuchtdichte (cd/m^2) angegeben.

Monitor von	schwarzes Wort	weißes Wort	weißer Bildschirm	grauer Bildschirm	schwarzer Bildschirm
Experiment 1	23.1	23.4	56.6	23.4	0.2
Experiment 2	3.8	4.2	17.8	3.9	0.1
Experiment 3	11.0	8.5	34.0	11.4	0.2

Anhand der Meßdaten wird deutlich, daß die drei Monitore trotz identischer Farbeinstellungen für die Weiß-, Grau- und Schwarzwerte in der RVB (Rot-Grün-Blau)-Palette und auch trotz vergleichbarer Helligkeitseinstellungen erhebliche Abweichungen aufweisen. So ist die Leuchtdichte des Bildschirms, der für die Reizpräsentation des zweiten

Experiments verwendet wurde, geringer als die der beiden anderen Bildschirme. In eben diesem Experiment jedoch kam es zu einer im Vergleich zu den anderen beiden Experimenten relativ hohen Erkennungsleistung der zweiten Zielworte: Während es im ersten Experiment zu einer Verringerung der Erkennungsleistung der zweiten Zielworte im Vergleich zu der Erkennung der ersten Zielworten um 40 % (Erkennung erstes Zielwort 82 %, zweites Zielwort 49,2 %) und im dritten Experiment um 40,4 % (Erkennung erstes Zielwort 69,5 %, zweites Zielwort 41,4 %) kam, lag dieser Wert im zweiten Experiment (der Vergleichbarkeit halber bezogen auf die zweiten Wortzielreize) bei lediglich 10,8 % (Erkennung erstes Zielwort 76,8 %, zweite Wortzielreize 68,5 %).

Im vorangehenden Kapitel wurde bemerkt, daß die allgemeine Erkennung der Zielworte im dritten Experiment sehr gering war und es ebenso zu einer hohen Ausfallquote der Probanden kam. Nichtsdestotrotz ließ sich jedoch ein ausgeprägter *attentional blink* feststellen. Dieses Ergebnis kann mit den gemessenen Leuchtdichtedaten nicht einfach in Einklang gebracht werden, da die gemessenen Werte für das dritte Experiment eher zwischen denen des ersten und des zweiten Experiments zu liegen scheinen. Für eine Einschätzung des Einflusses der Leuchtdichte der Reize auf die Erkennungsleistung und auf die Ausprägung des *attentional blink* ist demnach die Wirkung der absoluten Leuchtdichte der verwendeten Reiztöne, jedoch offensichtlich auch das relative Verhältnis der vorhandenen Grautöne zueinander von Bedeutung. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit stellt sich nun die Frage, ob diese unterschiedlichen Helligkeitsqualitäten, die sich möglicherweise unterschiedlich auf die allgemeine Erkennung der Zielreize und den *attentional blink* auswirken können, die Vergleichbarkeit der in den drei Experimenten erzielten Ergebnissen verringern könnten. So ist es beispielsweise denkbar, daß die in den drei Experimenten vorhandenen Verarbeitungsdefizite unterschiedlich ausgeprägt sind und somit auch eine unterschiedliche semantische Verarbeitung bewirken könnten. Anhand der bislang erzielten Ergebnisse ist eine derartige Möglichkeit zwar unwahrscheinlich. Ihr soll jedoch dennoch in dem vierten Experiment nachgegangen werden.

Das Ziel des vierten Experiments ist es, eine Einschätzung über den Einfluß der Helligkeitsparameter auf die Erkennungsleistung der Zielworte und auf die Ausprägung des *attentional blink* zu gewinnen. Hierzu wird eine Manipulation des Kontrastes vorgenommen und die Einstellungen des „Weiß“ der Zielreiz vor gleichbleibendem grauem Hintergrund variiert.

3.4.1 Methode

3.4.1.1 Probanden

An dem Experiment nahmen 20 Probanden teil. Wie in Experiment 3 wurden, um Bodeneffekte zu vermeiden, 7 Probanden, die weniger als 50% des ersten Zielwortes (Target 1) und weniger als 15% des zweiten Zielwortes (Target 2) erkannten, von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Das Durchschnittsalter der verbleibenden 14 Probanden betrug

24 Jahre (Altersspanne zwischen 18 und 33). Acht Probanden waren weiblich, sechs männlich, 12 bezeichneten sich als rechtshändig, zwei als linkshändig. Ihre Muttersprache war deutsch. Für die Teilnahme an dem Versuch wurden sie entweder finanziell oder durch die entsprechenden Probandenstunden entlohnt.

3.4.1.2 Material

Wie in den vorangegangenen Experimenten wurden den Probanden 1-3 silbige, 3-7 (hier z.T. 8) buchstabige deutsche Nomen in großbuchstabiger Schrift dargeboten. Abbildung 20 zeigt die Reizdarbietung. Die Versuchsanordnung entspricht bezüglich der Wortgröße, der Verweildauer der Worte, des Interstimulusintervalls und der daraus resultierenden Präsentationsrate Experiment 1.

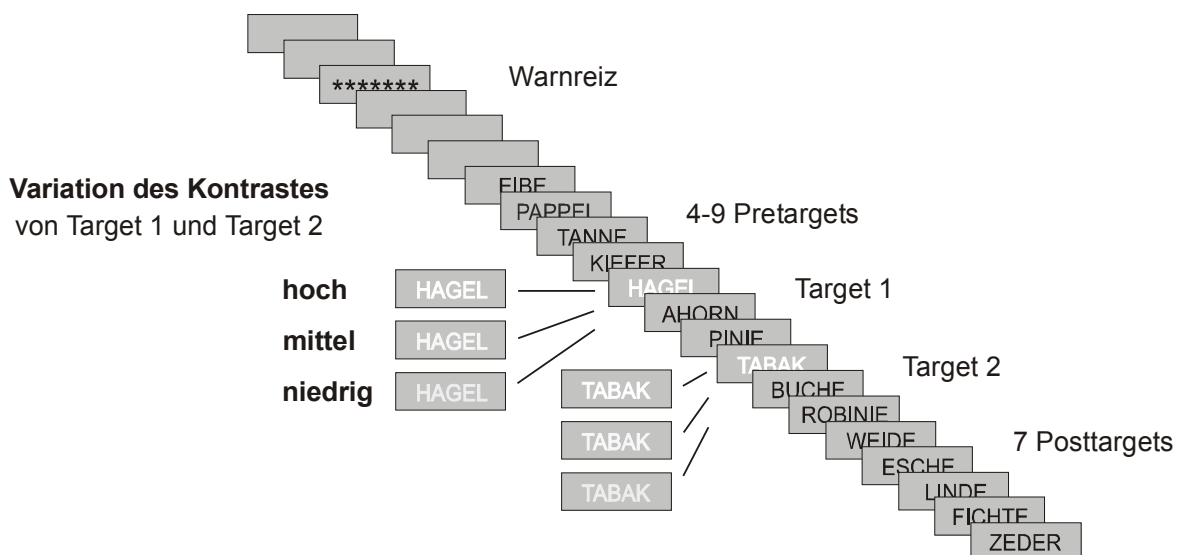


Abbildung 20. Schematische Darstellung der Reizabfolge des Experiment 4. Die Darbietungsparameter entsprechen Experiment 1. Abweichend wurde hier lediglich zwei weiße Zielreize dargeboten. Der Kontrast des ersten und des zweiten Targets wurde dreifach manipuliert. Nähere Erläuterungen siehe Text.

In die Abfolge schwarzer Distraktorworte wurden zwei weiße Zielworte eingefügt (Target 1 und Target 2). Die Aufgabe der Probanden bestand wiederum darin, die weißen Zielworte zu erkennen und sie nach der Wortabfolge in den unterschiedlichen Matrizen zu markieren.

Ebenfalls analog den vorangehenden Experimenten wurde die Anzahl der Pretargets von 4-9 variiert. An der dritten Position nach dem ersten Zielwort wurde das zweite Zielwort (mit einer SOA zum ersten Target von 250 Millisekunden) dargeboten. Nach dem zweiten Zielwort folgten sieben weitere Posttargets.

Um zu einer Einschätzung der Auswirkung der Erkennbarkeit der Zielworte auf den *attentional blink* zu gelangen, wurde der Kontrast der weißen Zielworte zum grauen

Hintergrund variiert. Sowohl das erste Zielwort als auch das zweite Zielwort wurden mit hohem (anteilige Farbeinstellung auf der RVB-Palette der weißen Schrift des Wortes auf gleichbleibendem grauen Hintergrund: 15, 15, 15), mittlerem (14, 14, 14) und niedrigem (13, 13, 13) Kontrast dargeboten. Die Leuchtdichtewerte für diese drei Kontraststufen sind Tabelle 2 zu entnehmen. Die Darbietung der beiden Zielworte unter den je drei verschiedenen Kontraststufen wurde vollständig faktoriell kombiniert, d.h., die neun Kombinationen der Kontraste der beiden Zielworte waren gleichhäufig.

Tabelle 2. Ergebnisse der Messung der Beleuchtungsichte des für die Schrift der Zielworte verwendeten Weiß (in den Klammern sind die Einstellungen der RVB-Palette ersichtlich). Die Messung der Leuchtdichte der Worte fand bei gleichem Hintergrund (grau: 11, 11, 11) statt. Gemessen wurden die Werte des für das Experiment benutzten Bildschirms (SONY TRINITON), der bereits zur Reizdarbietung des Experiment 2 diente. Eine Abweichung dieser Werte von den Werten in Tabelle 1 läßt sich durch veränderte Meßbedingungen erklären. Da hier jedoch nicht die absoluten Werte, sondern die Unterschiede der einzelnen Kontraststufen entscheidend sind, kann dieser Sachverhalt vernachlässigt werden. Die Werte sind in Leuchtdichte (cd/m^2) angegeben.

weißer Bildschirm (15, 15, 15)	weißer Bildschirm (14, 14, 14)	weißer Bildschirm (13, 13, 13)	weißes Zielwort (15, 15, 15)	weißes Zielwort (14, 14, 14)	weißes Zielwort (13, 13, 13)
17.5	13.0	9.0	3.64	3.61	3.57

Sowohl das erste als auch das zweite Zielwort wurde zufällig aus einer Menge von 36 möglichen Zielworten ausgewählt. Um Worteffekte bei der Erkennung der ersten und der zweiten Zielworte zu vermeiden, wurden die Worte beider Gruppen nach der Anzahl ihrer Buchstaben (durchschnittliche Buchstabenanzahl Targetgruppe (a): 5,58, Targetgruppe (b): 5,53), der Silbenanzahl (Targetgruppe (a): 1,78, Targetgruppe (b): 1,81), ihrer Vorkommenshäufigkeit (pro 6 Millionen Erwähnungen nach der Celexdatenbank (Celex, 1995), Targetgruppe (a): 81,9, Targetgruppe (b): 81,5) und deren Standardabweichung innerhalb der Wortgruppe Targetgruppe (a): 77,7, Targetgruppe (b): 74,6) ausgeglichen gewählt. Zusätzlich wurden der Hälfte der Probanden Worte der Zielwortgruppe (a) als erste Zielworte und Worte der Zielwortgruppe (b) als zweite Zielworte und der anderen Hälfte der Probanden Worte der Zielwortgruppe (b) als erste Zielworte und Worte der Zielwortgruppe (a) als zweite Zielworte dargeboten. Die 36 ersten und die 36 zweiten Zielworte wurden je einmal in jeder der neun möglichen Kontrastkombinationen der beiden Zielworte dargeboten. Hieraus resultiert eine Gesamttrialanzahl von 324 Trials.

Die Reihenfolge der aus der Menge von 18 möglichen Distraktoren ausgewählten Distraktoren ergab sich aus einer für jeden Trial neu erstellten, zufälligen Anordnung. Um eine semantische Ähnlichkeit zwischen der großen Menge der Zielworte mit den Distraktoren zu vermeiden, wurden alle Distraktoren aus der semantischen Gruppe der Bäume gewählt.

Wie in den vorangegangenen Experimenten wurden die Leerstellen der nicht achtbuchstabigen Worte mit X aufgefüllt.

Zu Beginn des Experiments führten die Probanden 36 Übungstrials mit anderem Wortmaterial aus.

3.4.1.3 Versuchsaufbau

Der Trialablauf entspricht den vorangegangenen Experimenten. Nach dem Trialablauf bekamen die Probanden zwei Matrizen zur Auswahl der beiden weißen Zielworte dargeboten. Die Matrizen wurden neben den Fragezeichen von 18 der 36 möglichen Targetworte gebildet.

Nach sechs Übungsblöcken (36 Trials) bearbeiteten die Probanden weitere 54 Blöcke á sechs Trials.

3.4.1.4 Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte - wie bereits in den vorangegangenen Experimenten - mittels eines varianzanalytischen Verfahrens unter Benutzung des Programms SAS und der Prozedur ANOVA und ebenfalls mit einer Korrektur der Ergebnisse nach Huynh und Feldt (vgl. Bortz, 1993). Aus den experimentellen Bedingungen ergab sich ein Meßwiederholungsdesign mit den Faktoren Zielwort (zweistufig, Zielwort 1 und Zielwort 2), Kontrast des ersten Zielwortes (dreistufig, Kontrast Target 1 hoch, mittel, niedrig) und Kontrast des zweiten Zielwortes (dreistufig, Kontrast Target 2 hoch, mittel, niedrig). Trials, in denen das erste Zielwort nicht richtig erkannt wurde, wurden für die Auswertung des zweiten Zielwortes nicht berücksichtigt.

3.4.2 Ergebnisse

Abbildung 21 (nächste Seite) zeigt die prozentuale Erkennungsleistung der beiden Zielworte. Im Vergleich zur Erkennung des ersten Zielreizes (70.4 %) war die Erkennung des zweiten Zielreizes (47.8 %) stark beeinträchtigt (Haupteffekt Zielwort: $F(1,13) = 47.81$; $p(F) < 0.01$). Diese Verringerung der Erkennung für das Target 2 entspricht somit 32.1 %.

Durch die Interaktionen der Faktoren Zielwort und Kontrast des ersten Zielreizes ($F(2,26) = 35.85$; $p(F) < 0.01$) und Zielwort und Kontrast des zweiten Zielreizes ($F(2,26) = 56.40$; $p(F) < 0.01$) macht sich eine unterschiedliche Beeinflussung der beiden Zielworte durch die Kontrastmanipulationen bemerkbar.

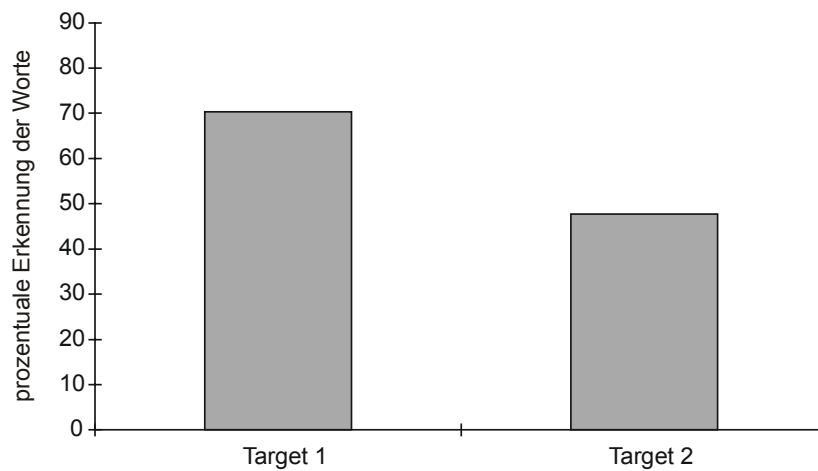


Abbildung 21. Prozentuale Erkennung der beiden Zielworte.

Abbildung 22 zeigt den Einfluß des unterschiedlichen Kontrastes der ersten Zielworte auf die ersten und zweiten Zielworte. Die Erkennung der ersten Zielworte wird durch die eigene Kontrastvariation beeinflusst (Effekt des Kontrastes des ersten Zielwortes in der gesonderten Analyse für das erste Zielwort: $F(2,26) = 98.38$; $p(F) < 0.01$) während sich diese Manipulation nicht auf die Erkennung der zweiten Zielworte auswirkt (Effekt des Kontrastes des ersten Zielwortes in der gesonderten Analyse für das zweite Zielwort: $F(2,26) = 0.00$; $p(F) > 0.8$).

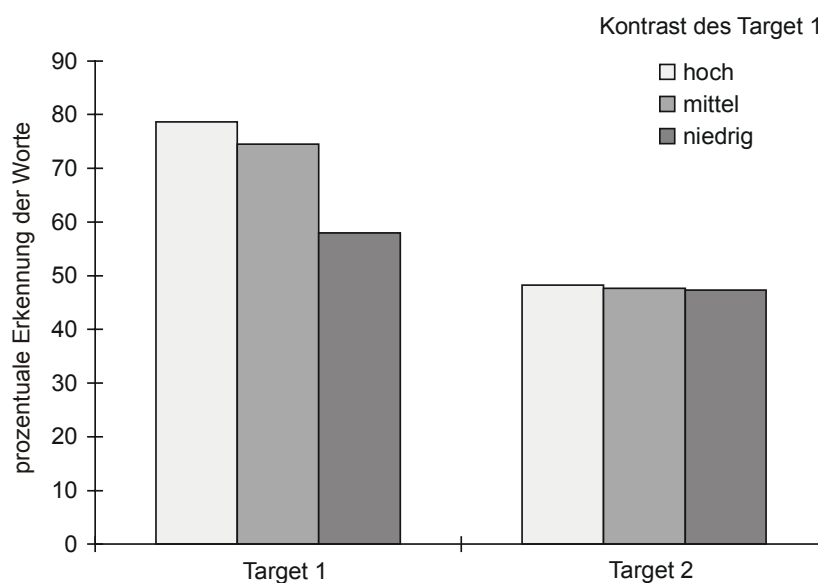


Abbildung 22. Prozentuale Erkennung der beiden Zielworte in Abhängigkeit von der Kontrastmanipulation des ersten Zielwortes.

Wie in Abbildung 23 zu erkennen ist, übt jedoch der Kontrast der zweiten Zielworte einen Einfluß auf die Erkennung der zweiten Zielreize aus (Effekt des Kontrastes des zweiten Zielwortes in der gesonderten Analyse für das zweite Zielwort: $F(2,26) = 67.69$; $p(F) < 0.01$), während hier die Erkennung der ersten Zielreize unbeeinträchtigt bleibt (Effekt des Kontrastes des zweiten Zielwortes in der gesonderten Analyse für die ersten Zielworte: $F(2,26) = 2.37$; $p(F) > 0.1$).

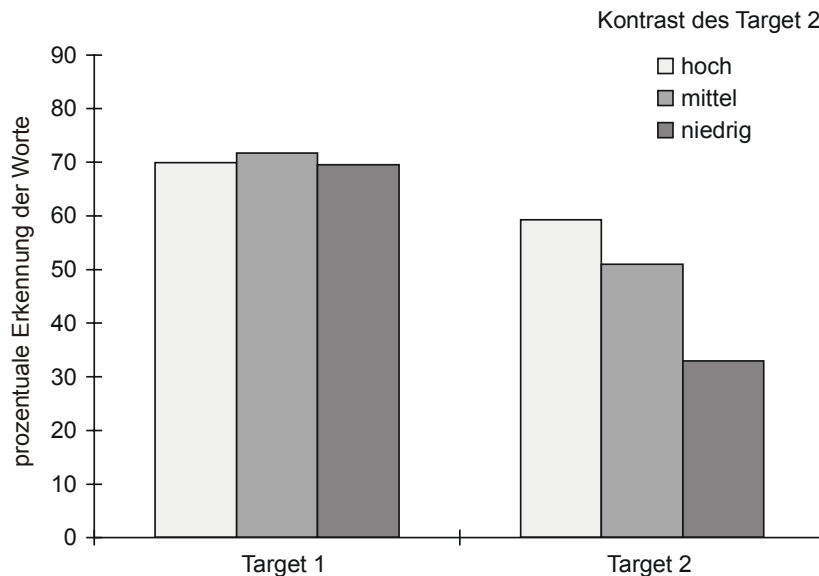


Abbildung 23. Prozentuale Erkennung der beiden Zielworte in Abhängigkeit von der Kontrastmanipulation des zweiten Zielwortes.

Bei der Betrachtung der Einzelvergleiche ist festzustellen, daß sowohl die Erkennung der ersten Zielworte als auch die Erkennung der zweiten Zielworte mit dem eigenen sinkenden Kontrast abnimmt (alle Einzelvergleiche für die jeweilige Erkennung unter der eigenen Kontrastmanipulation $p(F) < 0.01$).

3.4.3 Diskussion

Die allgemeine Erkennungsleistung der Zielworte macht ein Erkennungsdefizit für die zweiten Zielworte deutlich. Obwohl in diesem Experiment kein dritter Vergleichsreiz zur Einschätzung dieses Verarbeitungsdefizits vorhanden ist, ist davon auszugehen, daß es sich hier um einen *attentional blink* handelt. Das Ausmaß des Verarbeitungsdefizits liegt mit 32.1 % in einem dem ersten und dem dritten Experiment vergleichbaren Bereich.

Die Ergebnisse des Experiments machen den Einfluß der Helligkeit der weißen Schrift der Zielwort und damit des Kontrastes der Zielreizfarbe zu dem grauen Hintergrund deutlich. Mit sinkendem Kontrast verschlechtert sich die Erkennung der Zielworte. Dieser Einfluß jedoch trifft jeweils nur auf die Erkennung der kontrastmanipulierten Zielworte selbst zu und die anderen Zielworte bleiben unbeeinträchtigt.

3.4.3.1 Einschätzung

Eine Verringerung des Kontrastes zwischen dem Zielwort und dem Hintergrundgrau verschlechtert die Erkennung der Zielworte. Diese Manipulation zeigt jedoch eine Auswirkung lediglich auf die Zielworte, für die der Kontrast manipuliert wurde. Die Veränderung des Kontrastes einer Gruppe der Zielworte läßt die Erkennungsleistung für die jeweilig anderen Zielworte unverändert.

Das erstgenannte Ergebnisse zeigt eine gelungene Kontrastmanipulation und ebenso die Möglichkeit der Beeinflußbarkeit der Erkennungsleistung der Zielworte durch diese Manipulation auf. Offensichtlich bewirkt demnach die Veränderung des Kontrastes eine Veränderung in der Erkennungsschwierigkeit der betreffenden Worte. Dieses Ergebnis könnte eine Erklärung für die insgesamt hohe Erkennungsleistung der Zielworte im zweiten Experiment bieten. Bei der Messung der Leuchtdichte stellte sich in diesem Fall eine sehr geringe Leuchtdichte des grauen Bildschirms heraus. Bei einem im Vergleich relativ hohen Wert der Messung des weißen Bildschirms ergibt sich ein hoher Kontrast der Zielworte vor ihrem Hintergrund. Zudem ist denkbar, daß sich durch die ähnlichen Werte des grauen und des schwarzen Bildschirms ein geringerer Kontrast der schwarzen Distraktoren zu dem grauen Bildschirmhintergrund ergab. Auch diese Messung spricht für einen hohen Kontrast der weißen Zielworte innerhalb der Reizdarbietung. Möglicherweise verringerte sich aus diesem Grund die Störwirkung der Distraktoren und es resultierte eine allgemein gute Erkennung der Zielworte.

Der Kontrast der zweiten Zielreize beeinflußt die Erkennung der ersten Zielreize nicht. Dieses Ergebnis ist nicht unerwartet, da die zweiten Zielworte nach den ersten Zielworten dargeboten wurden. Nach den Ergebnissen zur Einschätzung der Interferenz eines dritten Zielreizes auf die Erkennungsleistung eines zweiten Zielreizes hätte vielleicht mit einer Beeinflussung hochkontrastiger auf die niedrigkontrastigen ersten Targets im Sinn einer Verdrängung aus dem Kurzzeitspeicher gerechnet werden können. Allerdings zeigten sich bereits im dritten Experiment die ersten Zielworte durch die interferierende Wirkung der dritten Zielworte unbeeinflußbar. Aufgrund der Ergebnisse des vierten Experiments kann diese fehlende Beeinflußbarkeit des ersten Zielwortes durch ein weiteres Zielwort nun bezüglich des physikalischen Faktors des Kontrastes gefestigt werden.

Wie jedoch wird die Ausprägung des *attentional blink* durch den Kontrast der Zielreize zu ihrem Hintergrund verändert?

Oben wurde festgestellt, daß sich die Erkennung des zweiten Targets durch die eigene Kontrastmanipulation verändert. Sie bleibt jedoch konstant bei der Kontrastmanipulation der ersten Zielworte. Es kann somit kein verstärkter *attentional blink* bei verringertem Kontrast des ersten Targets festgestellt werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit dient das vierte Experiment vornehmlich zur Einschätzung des Einflusses der unterschiedlichen Leuchteigenschaften der verwendeten Bildschirme auf die Ausprägung des *attentional blink*. Anhand der gewonnenen Ergebnisse kann dieser als gering eingestuft werden. Der *attentional blink* ist durch diese Unterschiedlichkeit der in den verschiedenen Experimenten

benutzten Bildschirme nicht quantitativ und mit großer Wahrscheinlichkeit auch nicht qualitativ unterscheidbar und eine hinreichende Vergleichbarkeit der durchgeführten Experimente kann als gegeben angesehen werden.

Zusätzlich zu diesem im Rahmen der vorliegenden Arbeit bedeutsamen Ergebnis soll an dieser Stelle eine kurze Bemerkung über die Bedeutung der in diesem vierten Experiment erzielten Ergebnisse bezüglich der Modellvorstellung über die Ursache des *attentional blink* eingeschoben werden.

Ein elementarer Unterschied zwischen dem Interferenzmodell (Raymond et al., 1994) und dem zentralen Flaschenhalsmodell (Arnell & Jolicoeur, 1999; siehe auch Kapitel 2.3) besteht in den Auswirkungen der Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes auf die Verarbeitung eines zweiten Zielreizes bei einem kurzen Zeitabstand zwischen den beiden Reizen. Während das Interferenzmodell bei einer erhöhten Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes keine unbedingte Beeinträchtigung der Verarbeitung des zweiten Zielreizes, also keinen verstärkten *attentional blink* annimmt, sollte es nach den Vorstellungen des zentralen Flaschenhalses zu einer durch die verlängerte Verarbeitung des ersten Zielreizes verzögerten Verarbeitung des zweiten Zielreizes kommen. Diese verzögerte Verarbeitung des vergänglich gebliebenen zweiten Zielreizes provoziert nun dessen Zerfall oder seine Verdrängung durch nachfolgende Reize und sollte damit einen verstärkten *attentional blink* verursachen.

Bezüglich der letztgenannten Überlegung kommt es nach den im Zusammenhang mit der Modellbildung des *attentional blink* in Kapitel 2.3.2 ausführlich dargelegten Befunden in einigen Studien zu keiner Abhängigkeit zwischen der Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes, in anderen Studien jedoch ließ sich eine das zentrale Flaschenhalsmodell stützende positive Korrelation zwischen der Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes und der Ausprägung des *attentional blink* zeigen. Um diese Widersprüchlichkeiten aufzulösen und eventuell eine Entscheidung für eines der beiden Modelle zu treffen, manipulierten McLaughlin, Shore und Klein (2001) die perzeptuelle Erkennungsschwierigkeit des ersten Zielreizes durch eine nachfolgende Maskierung. Aufgrund der Veränderung der Darbietungsdauer des ersten Zielreizes und der Maske wurde zwar die Erkennungsschwierigkeit des ersten Zielreizes beeinträchtigt, diese Erkennungsschwierigkeit wirkte sich jedoch nicht auf die Stärke des Verarbeitungsdefizites für den zweiten Zielreiz aus. Die Ergebnisse eines weiteren Experiments, in dem die Erkennungsschwierigkeit des zweiten Zielreizes variiert wurde, zeigen einen Einfluß auf die Leistung für den zweiten Zielreiz. Hier blieb jedoch die Erkennung des ersten Zielreizes von der perzeptuellen Verarbeitungsschwierigkeit des zweiten Zielreizes unbeeinträchtigt. Zusammengenommen wird aufgrund dieser Nichtbeeinflussbarkeit (Experiment 1) des *attentional blink* durch die Verarbeitungsschwierigkeit des ersten Zielreizes und die additiven Ergebnisse der Verarbeitungsschwierigkeit des zweiten Zielreizes auf den *attentional blink* (Experiment 2) die Unabhängigkeit der perzeptuellen Verarbeitungsschwierigkeit von den den *attentional blink* verursachenden Mechanismen deutlich. Trotz ihrer Ergebnisse allerdings nehmen die

Autoren der genannten Studie nicht von einem Flaschenhalsmodell zur Erklärung des *attentional blink* Abstand. Sie heben vielmehr hervor, daß die von Arnell und Jolicoeur (1999) geäußerte Annahme eines *zentralen* Flaschenhalsmodells mit der geringfügigen Einschränkung, daß die perzeptuelle Schwierigkeit der Verarbeitung der Zielreize eben nicht den Flaschenhalsmechanismus beansprucht, gehalten werden kann. Sie sehen somit ihre Daten als Beleg für einen postperzeptuellen Flaschenhals als Ursache des *attentional blink* an.

Das oben berichtete Datenmuster der Studie von McLaughlin et al. (2001) steht in exakter Übereinstimmung mit den im vorliegenden Experiment erzielten Ergebnissen: Trotz der unterschiedlichen Verwirklichung der „Verarbeitungsschwierigkeit“ mittels einer unterschiedlich starken Maskierung in der vorgestellten Studie und mittels eines unterschiedlich starken Kontrastes in dem durchgeführten vierten Experiment kommt es zu keiner Beeinflussung dieser Manipulationen auf die Ausprägungsstärke des *attentional blink*. Im Unterschied zu der Argumentation der genannten Autoren können die Daten des vierten Experiments meiner Auffassung nach jedoch nicht mit einem Flaschenhalsmodell erklärt werden. Durch die mit abnehmendem Kontrast einhergehenden geringeren Erkennungsleistungen der ersten Targets wird deren erschwerte Verarbeitung unter diesen Kontrastbedingungen deutlich. Im Sinn eines Flaschenhalsmodells ist dieses Ergebnis sehr wahrscheinlich mit einer verlängerten oder verzögerten Beanspruchung des notwendigen Flaschenhalsprozesses zur Festigung der Repräsentation des ersten Targets verbunden. Hierdurch jedoch sollte sich eine Beeinflussung der Erkennungsleistung der zweiten Targets ergeben. Es ist anzunehmen, daß der Flaschenhalsprozeß, da er für die Verarbeitung der ersten Targets bei niedrigem Kontrast länger oder später beansprucht wird, in diesen Fällen in geringerem Maß für die Verarbeitung der zweiten Targets zur Verfügung steht. Da diese Targets in ihrer präattentiven Form jedoch leicht zerfallbar sind, sollte es nach diesen Überlegungen zu einer schlechteren Erkennungsleistung der zweiten Targets mit niedrigerem Kontrast für die ersten Targets kommen. Es ist an dieser Stelle allerdings anzumerken, daß in dem durchgeführten Experiment lediglich eine SOA zwischen der Darbietung der ersten und der zweiten Targets verwirklicht wurde. Aus diesem Grund ist es nicht gänzlich auszuschließen, daß es sich bei der Nichtbeeinflussbarkeit des als *attentional blink* interpretierten Verarbeitungsdefizits durch die Kontrastmanipulation des ersten Targets um einen Bodeneffekt handelt. Sollten sich jedoch in weiteren Studien dem vierten Experiment vergleichbare Ergebnisse herausstellen, so müßte das Flaschenhalsmodell zur Erklärung des *attentional blink* kritisch hinterfragt werden.

4 Allgemeine Diskussion

Kann eine semantische Analyse unaufmerksam verarbeiteter Worte stattfinden?

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Beantwortung dieser Frage. In kognitiven Informationsverarbeitungstheorien nimmt diese Frage eine herausragende Bedeutung ein, denn hier bildet die semantische Verarbeitung den Trennpunkt zwischen frühen (Broadbent, 1958) und späten Informationsverarbeitungstheorien (z.B. Deutsch & Deutsch, 1963). Im Verständnis dieser Modelle findet zur Selektion relevanter Umweltreize eine Aufmerksamkeitszuwendung auf diese statt. Da die irrelevanten Reize keine Aufmerksamkeitszuwendung erfahren, können diese einen angenommenen Flaschenhals der Informationsverarbeitung nicht passieren. Während nun frühe Modelle einen Verarbeitungsfilter vor der semantischen Analyse annehmen und damit eine semantische Analyse nicht aufmerksam beachteter Reize ausschließen, erlauben späte Modelle eine semantische Wortverarbeitung.

In den Darstellungen der Einleitung wird aufgezeigt, daß die Frage nach einer semantischen Verarbeitung unaufmerksam verarbeiteter Reize mittels unterschiedlichster Herangehensweisen verfolgt wurde. In einem Großteil der Studien wurde jedoch der indirekte Einfluß einer semantischen Verarbeitung eines Wortes auf ein nachfolgendes Wort mittels eines semantischen Bahnungsparadigmas (siehe z.B. Meyer et al., 1975) untersucht. Theoretisch wurde angenommen, daß dieser semantischen Bahnung mindestens drei unterscheidbare Mechanismen zugrundeliegen (siehe Neely, 1991; Balota, 1994). Der automatische Aktivierungsausbreitung (Anderson, 1983a) werden in diesem Zusammenhang erwartungsbasierte (Neely, 1977) und postlexikalische (Ratcliff & McKoon, 1988; Neely & Keefe, 1989) Prozesse gegenübergestellt. Während ersterer Mechanismus als automatisch charakterisiert wird und somit ohne die Zuwendung der Aufmerksamkeit ablaufen sollte, sind die letzteren, kontrollierten Mechanismen an eine aufmerksame Wortanalyse gebunden. Obwohl nun die Formulierung des Mechanismus` der automatischen Aktivierungsausbreitung bereits die Möglichkeit der automatischen semantischen Wortanalyse impliziert, ist die Datenlage bezüglich des Nachweises dieser automatischen Aktivierungsausbreitung äußerst uneinheitlich. In selektiven Aufmerksamkeits- und Maskierungsstudien wurde der Versuch unternommen, die kontrollierten Bahnungsmechanismen auszuschließen. Der Nachweis eines semantischen Bahnungseffektes sollte dementsprechend gelungen sein, wenn trotz dieses Ausschlusses der kontrollierten Mechanismen und somit lediglich mittels des alleinigen Vorhandenseins der automatischen Aktivierungsausbreitung noch immer eine semantische Bahnung meßbar ist. In der weitergehenden Überlegung sollte keine der experimentellen Manipulationen in der Lage sein, die automatische Aktivierungsausbreitung zu verhindern, da diese nach der Definition eines automatischen Prozesses (siehe Posner & Snyder, 1975b) ohne jegliche Intention unabhängig von den geforderten Aufgabenstellungen ablaufen sollte.

In Kapitel 2.1 der Einleitung wurde deutlich, daß die durchgeführten Experimente zu sehr uneinheitlichen Ergebnissen führten. So machten einige Autoren den notwendigen Beitrag kontrollierter Bahnungsmechanismen an der semantischen Bahnung deutlich (beispielsweise Ratcliff & McKoon, 1981; Dannebring & Brand, 1982; Foss, 1982; Henik et al., 1983; Smith et al., 1994; Masson, 1995; Stolz & Besner, 1997; 1998), andere jedoch meinten mittels ihrer Ergebnisse den Nachweis einer automatischen Aktivierungsausbreitung erbracht zu haben (beispielsweise Allport, 1977; Underwood, 1977; Balota, 1983; Marcel, 1983; Greenwald et al., 1996; Dehaene et al., 1998; Ortells et al., 2001; Binnewies et al., 2002). Zur Erklärung dieser diskrepanten Ergebnisse fügen Merikle und Daneman (2000) die uneinheitlichen Definitionen der Wahrnehmungsschwellen an. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Studien herzustellen formulieren die Autoren eine subjektive im Gegensatz zu einer objektiven Erkennungsschwelle als Maß der Erkennung der als unaufmerksam verarbeitet eingestuftten Worte (siehe Kapitel 2.1.4). Sie greifen mit ihrer Kritik bezüglich der uneinheitlichen Definitionen der Wahrnehmungsschwellen in Maskierungsstudien genau den Punkt auf, den bereits Holender (1986) erwähnte. Seinen Überlegungen zufolge genügt keine der von ihm betrachteten Studien in angemessener Weise den von Dixon (1971, zitiert nach Holender) geforderten Kriterien der tatsächlich unaufmerksamen Wortverarbeitung. Demzufolge stellt der Autor auch die bislang berichtete Evidenz zum Nachweis einer unbewußten oder unaufmerksamen semantischen Wortanalyse in Frage.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Beantwortung der Frage, ob es zu einer semantischen Verarbeitung und einer automatischen Aktivierungsausbreitung unaufmerksam verarbeiteter Worte kommen kann. Ebenso wie die erwähnten Studien anderer Autoren müssen sich die Ergebnisse der durchgeführten Experimente der vorliegenden Arbeit einer Prüfung bezüglich der von Holender angeführten Kriterien stellen. So wurde als eines der Ziele der vorliegenden Arbeit auch die Erfüllung der geforderten Kriterien benannt. In Kapitel 3 fand bereits eine kurze Diskussion der Ergebnisse der einzelnen Studien statt und es wurde auch eine erste Einschätzung bezüglich des Beitrags der Ergebnisse an der verfolgten Fragestellung vorgenommen. In dieser allgemeinen Diskussion nun soll überprüft werden, ob die erzielten Ergebnisse den drei Kriterien einer tatsächlich unaufmerksamen Wortverarbeitung genügen und demnach eine Aussage über die Möglichkeit einer automatischen semantischen Wortanalyse getroffen werden kann.

Können die Ergebnisse der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Studien eine *positive, indirekte Evidenz für die semantische Aktivierung gepaart mit einer Unfähigkeit, den semantischen Inhalt des Reizes zurückblickend zu berichten*, nachweisen?

Im Gegensatz zu den bisher hauptsächlich verfolgten experimentellen Vorgehensweisen, die selektive Aufmerksamkeitsstudien oder Maskierungsstudien beinhalten, fand im Rahmen der vorliegenden Arbeit das relativ neue experimentelle

Paradigma der schnellen Reizdarbietung Verwendung. Eine besondere Eignung dieses Paradigmas zur Verfolgung der Fragestellung der vorliegenden Arbeit liegt in dem in diesem Paradigma auftretenden Verarbeitungsdefizit. Aufgrund der zeitlichen Überforderung des informationsverarbeitenden Systems kommt es zu einem Verlust der Berichtbarkeit von definierten *Zielreizen*. Im Unterschied zu selektiven Aufmerksamkeitsstudien, in denen möglicherweise ein Ausschluss der irrelevanten (Stör-)Reize durch eine aktive Hemmung erfolgt (siehe beispielsweise negatives Priming, Tipper, 1985) kann davon ausgegangen werden, daß sich die Probanden innerhalb der schnellen Reizdarbietung aktiv bemühen, die Zielreize zu erfassen. In Abhängigkeit ihres zeitlichen Erscheinens können trotz dieser Bemühung einige der Zielreize jedoch später nicht berichtet werden. Auch wenn sich die Theorien bezüglich der ursächlichen Mechanismen des Verarbeitungsdefizits stark unterscheiden (siehe Kapitel 2.3.2), kann davon ausgegangen werden, daß es sich bei dem Verarbeitungsdefizit um ein Aufmerksamkeitsdefizit, den *attentional blink*, handelt⁹.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß der möglichen semantischen Verarbeitung eines innerhalb des *attentional blink* dargebotenen Wortes auf ein außerhalb des *attentional blink* liegendes Probe mittels der Implementierung eines Bahnungsparadigmas in die schnelle Reizdarbietung untersucht. Um den der Studie von Luck et al. (1996) anhaftenden Interpretationsschwierigkeiten durch die vorgenommene Mittelung sowohl wahrscheinlich erkannter als auch wahrscheinlich nicht erkannter Worte (die Autoren führten lediglich eine Wahlreaktionsaufgabe durch, siehe Kapitel 2.4) zu entgehen, erfolgte eine Beschränkung der Betrachtung der semantischen Bahnungswirkung auf die tatsächlich nicht berichtbaren Worte. Das in dem ersten und dritten Experiment der vorliegenden Arbeit gewählte Vorgehen entsprach somit der Experimentalanordnung, die bereits Shapiro, Driver et al. (1997) verwirklichten: Es erfolgte eine getrennte Betrachtung der semantischen Bahnungseffekte von im *attentional blink* liegenden, unaufmerksam verarbeiteten Primes auf nachfolgende Probes im Vergleich zu den durch erkannte und aufmerksam verarbeitete Primes ausgelösten Bahnungseffekten. Diese quasiexperimentelle Manipulation stellt den einen Teil

⁹ Die üblicherweise in den schnellen Reizdarbietungsexperimenten verwirklichte Kontrollbedingung (siehe Kapitel 2.3.2.1) wurde in den durchgeführten Experimenten der vorliegenden Arbeit nicht realisiert. Da die erwartete zeitliche Abhängigkeit der Erkennungsleistung der Zielreize auftrat, wurde davon ausgegangen, es handle sich bei dem Erkennungsdefizit für die zweiten Zielreize um den *attentional blink*. Bei der Vorstellung der Ergebnisse im Rahmen eines Vortrags wurde die Vermutung geäußert, das Ergebnismuster der Erkennungsleistung der drei Zielworte sei durch Primanz (*primacy*)- und Rezenz (*recency*)-Effekte, die bei dem freien Gedächtnisabruf in einer seriellen Positionskurve deutlich werden (siehe z.B. Postman & Phillips, 1965), bedingt. Dieser Interpretation der Daten steht jedoch einerseits die Art des „unfreien“ Gedächtnisabrufs, andererseits auch die Ergebnisse des zweiten und vierten Experiments entgegen. Diese zeigen trotz nicht vorhandenem dritten Zielwort eine eingeschränkte Erkennung des zweiten Zielwortes. Nach der oben geäußerten Alternativinterpretation hätte es in diesen Fällen von einem Rezenzeffekt profitieren müssen und es hätte wahrscheinlich zu einer dem ersten Zielwort vergleichbaren Erkennungsleistung kommen sollen. Diese Überlegung und auch die nachfolgend diskutierten Ergebnisse bestätigen die gerechtfertigte Annahme, es handle sich bei den in dem gewählten Paradigma auftretenden Berichtbarkeitsunterschieden der Zielreize tatsächlich um das Verarbeitungsdefizits des *attentional blink*.

des zu erfüllenden Kriteriums sicher: Primes, die die Probanden nicht in den Matrizen angeben können, können als zurückblickend nicht berichtbar eingestuft werden.

Von größerer Bedeutung ist auch ein weiterer Unterschied zwischen der gewählten Versuchsanordnung und der Studie von Luck et al. (1996). In Kapitel 2.1.3 wurde dargestellt, daß es zu einer Einschätzung über die Möglichkeit einer automatischen Aktivierungsausbreitung in der Abwesenheit der Aufmerksamkeit nur kommen kann, wenn das experimentelle Vorgehen eine unaufmerksame Verarbeitung der *Primes* sicherstellt. Eine semantische Bahnung von aufmerksam verarbeiteten *Primes* auf unaufmerksam verarbeitete Probes bringt keinen Ausschluß kontrollierter semantischer Bahnungsmechanismen mit sich und erlaubt demzufolge keinen Rückschluß auf den möglichen Beitrag der automatischen Aktivierungsausbreitung an dem gemessenen Bahnungseffekt. Die ausführliche Beschreibung der von Luck et al. (1996) gewählten experimentellen Vorgehensweise in Kapitel 2.4 macht deutlich, daß in der Studie eben die letztgenannte Bahnungsbedingung verwirklicht wurde. Aufgrund der vollständigen Verarbeitung der *Primes* vor der schnellen Reizdarbietung ist somit anhand der in der Studie erzielten Ergebnisse keine Einschätzung für die im Rahmen der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung möglich.

Im ersten Experiment ließ sich ein durch die nicht berichtbaren *Primes* evozierter N400-Effekt bei einer SOA zwischen den *Primes* und den nachfolgenden Probes von 583 Millisekunden nachweisen. Mit diesem elektrophysiologischen semantischen Bahnungseffekt findet auch die zweite Forderung des Kriteriums, die indirekte Evidenz der semantischen Aktivierung, ihre Erfüllung.

Unter anderem aufgrund der fehlenden Übereinstimmung der Verhaltensdaten des ersten Experiments und der Studie von Shapiro, Driver et al. (1997), in der bei einem SOA zwischen Prime und Probe von 270 Millisekunden ein Erkennungsvorteil semantisch assoziierter Probes feststellbar war, erfolgte im Rahmen des dritten Experiments eine Betrachtung des Zeitverlaufs der durch nicht berichtbare *Primes* ausgelösten semantischen Bahnung. Die Ergebnisse dieses Experiments nun zeigen in Übereinstimmung mit den theoretischen Vermutungen (Neely, 1991; Balota, 1994; siehe Kapitel 2.1.1.1) einen auf der Verhaltensebene meßbaren semantischen Bahnungseffekt lediglich für eine sehr kurze SOA (250 Millisekunden). Der Erkennungsvorteil semantisch assoziierter Probes blieb jedoch analog dem Ergebnis des ersten Experiments bei der längeren SOA von 583 Millisekunden aus und ließ sich auch bei einer noch längeren SOA von 917 Millisekunden nicht mehr nachweisen. Diese Betrachtung des Zeitverlaufs versöhnt die Ergebnisse des ersten Experiments mit den von den oben genannten Autoren erzielten Ergebnissen. Offensichtlich ist eine semantische Bahnung nicht berichtbarer *Primes* im *attentional blink* auf der Ebene der Verhaltensdaten lediglich für kurze SOA feststellbar, während der elektrophysiologische Indikator der semantischen Bahnung, der N400-Effekt, noch für längere SOA wirksam bleibt.

Auch die Ergebnisse des dritten Experiments bieten somit den geforderten indirekten Nachweis der semantischen Aktivierung nicht berichtbarer Worte. Bezüglich des zunächst

betrachteten Kriteriums kann also dessen Erfüllung anhand der Ergebnisse des ersten und des dritten Experiments festgehalten werden.

Können die Ergebnisse der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Studien eine *positive, indirekte Evidenz für eine semantische Aktivierung gepaart mit einer negativen, direkten Evidenz für die Erkennung des Reizes zur Zeit der Reizdarbietung* nachweisen?

Die vorliegende Arbeit beinhaltet drei Experimente, die sich mit der Frage nach der Art der semantischen Wortverarbeitung befassen und in ihrem Schwerpunkt der Frage nach der Möglichkeit einer automatischen semantischen Verarbeitung von Worten im *attentional blink* nachgehen. Da eine Erfüllung aller der drei von Holender (1986; siehe auch Merikle & Daneman, 2000; Merikle et al., 2001) für die Untersuchung der unbewußten semantischen Verarbeitung notwendigen Kriterien innerhalb eines Experiments eher unwahrscheinlich erscheint, muß eine Einschätzung der Erfüllung der Kriterien anhand der Ergebnisse unterschiedlicher Experimente erfolgen. Um jedoch einen Vergleich der Ergebnisse zuzulassen und um mögliche Interpretationsunklarheiten auszuschließen, sollten die Experimente unter vergleichbaren Experimentalbedingungen stattfinden.

Die Versuchsparameter der ersten drei durchgeführten Experimente wurden konstant gehalten. Die drei Experimente zeigten jedoch eine unterschiedliche Erkennungsleistung der Zielreize und auch eine unterschiedlich starke Ausprägung des *attentional blink*. Diese Ergebnisse lassen nun unbeabsichtigte Unterschiede zwischen den Experimenten vermuten und müssen sich mit der Kritik konfrontiert sehen, daß es im Zusammenhang mit den quantitativen Unterschieden der allgemeinen Erkennungsleistungen der Zielreize eben auch zu qualitativen Unterschieden zwischen den Experimenten kam. So könnte beispielsweise gemutmaßt werden, die Faktoren, welche die Ausprägungsstärke des *attentional blink* bedingen, könnten auch die Art der Wortverarbeitung beeinflussen. Eine kritische Überlegung wäre beispielsweise in dem Fall zu sehen, daß die Wortverarbeitung in einem insgesamt geringer ausgeprägten *attentional blink* unter einer weniger stark eingeschränkten Aufmerksamkeitsverfügbarkeit stattfindet als diejenige in einem stärker ausgeprägten *attentional blink*, da vorhandene Verarbeitungsressourcen möglicherweise unterschiedlich genutzt worden sein könnten. Im Sinn des Interferenzmodells des *attentional blink* (siehe Kapitel 2.3.2.2 und Shapiro, 1994; Shapiro et al., 1994) könnte es durch eine größere verfügbare Gewichtungskapazität aufgrund einer möglicherweise vorhandenen größeren Unterscheidbarkeit der kritischen Reize in der schnellen Reizdarbietung zu einer stärkeren Gewichtung der im *attentional blink* dargebotenen zweiten Zielreize kommen. Aus den Ausführungen des Interferenzmodells geht nicht eindeutig hervor, ob eine stärkere Gewichtung eines Reizes auch mit seiner weitergehenden Verarbeitung verbunden ist. Ein insgesamt geringer ausgeprägter *attentional blink* ließe nach diesen Überlegungen jedoch diese Möglichkeit zu. Da diese Umstände auch die tatsächlich nicht berichtbaren Worte

betreffen könnten, könnte nach den Vorstellungen des Interferenzmodells mit einer weitergehenden Verarbeitung dieser Worte im geringer ausgeprägten im Vergleich zu einem stärker ausgeprägten *attentional blink* gerechnet werden. Auch vor dem Hintergrund der Flaschenhalsmodelle des *attentional blink* (siehe Kapitel 2.3.2.3 und 2.3.2.4 und Chun & Potter, 1995; Arnell & Jolicoeur, 1999) wäre eine derartige Beeinflussung der Verarbeitung der Reize im *attentional blink* nicht auszuschließen. So wäre nach diesem Modell mit einer eventuell erleichterten Verarbeitung des ersten Zielreizes eine verkürzte (oder frühere) Beanspruchung des postulierten Flaschenhalsmechanismus verbunden und es müßte somit dessen schnellerer Verfügbarkeit für die Verarbeitung des zweiten Zielreizes angenommen werden. Diese mögliche frühere Beanspruchung des Flaschenhalsmechanismus könnte nun eine weitergehende Überführung der Reize in eine stabilere Repräsentationsstufe erlauben. Aus diesen Umständen würde eine geringere Zerfallbarkeit der Reize resultieren und es käme in der Folge zu einer erhöhten Erkennungsleistung der zweiten Zielreize und somit zu einem geringer ausgeprägten *attentional blink*. Auch wenn – ebenso wie das Interferenzmodell – die Flaschenhalsmodelle unter diesen Umständen nicht zwingend eine weitergehende Verarbeitung der Einzelreize, im Fall der vorliegenden Arbeit also eine weitergehende semantische Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte, implizieren, kann diese Möglichkeit nicht vollständig ignoriert werden.

Bildeten die oben geäußerten Vermutungen die tatsächlichen während der schnellen Reizdarbietung ablaufenden Verarbeitungsmechanismen ab, so würde hierdurch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der drei durchgeführten Experimente untergraben. Obwohl die elektrophysiologischen Messungen der P300 in den beiden ersten Experimenten die vergleichbare Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte nahelegen (siehe unten), wurde in dem vierten Experiment der vorliegenden Arbeit der Versuch der Einschätzung einer möglichen, mit der unterschiedlichen Ausprägung des *attentional blink* einhergehenden, unterschiedlichen Reizverarbeitung unternommen. Hierzu wurde der wahrscheinlichen Ursache der Erkennungsunterschiede der drei Zielreize in den drei ersten Experimenten nachgegangen. Nach der Messung der Beleuchtungsichte ist diese Ursache in den Helligkeitsparametern der drei verwendeten Bildschirme zu sehen. Um eine Einschätzung über die Verursachung der differierenden Ergebnisse bezüglich der Ausprägung des *attentional blink* und der damit möglicherweise verbundenen Verarbeitungsunterschiede für die Zielreize durch diesen Einflußfaktor zu gewinnen, wurde der Einfluß des Kontrastes auf die Erkennungsleistung der Zielreize untersucht.

Die Ergebnisse dieses vierten Experiments sind relativ eindeutig. Während ein niedriger Kontrast der Zielworte vor ihrem Hintergrund eine allgemein schlechtere Erkennung der betreffenden Zielworte bedingt, kommt es zu keinem Einfluß des Kontrastes der Zielworte auf die Erkennungsleistung der jeweils anderen Zielworte. Im Kontext des Untersuchungsziels des vierten Experiments kann demnach festgestellt werden, daß es, obwohl offensichtlich die Verarbeitung der ersten Zielworte durch den Kontrast veränderbar ist, zu keiner Beeinflussung der Ausprägungsstärke des *attentional blink* kommt. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit neueren Ergebnissen von McLaughlin et al. (2001). Unter der Verwirklichung

mehrerer SOA zwischen ersten und zweiten Zielreizen konnten die Autoren trotz der durch ihre experimentellen Manipulation verursachten, unterschiedlichen Erkennung der ersten Zielreize keine unterscheidbaren Verarbeitungsdefizite für die zweiten Zielreize feststellen (siehe Kapitel 3.4.3.1 für eine ausführlichere Darstellung dieser Studie). Neben den Interpretationsschwierigkeiten, die zumindest die Flaschenhalsmodelle des *attentional blink* mit diesem Ergebnis haben sollten, kann mit diesem Befund die denkbare Möglichkeit, ein höherer Kontrast und damit verbunden eine erleichterte Erkennung beispielsweise der ersten Zielworte ließe eventuell eine erhöhte Verarbeitungskapazität für die Verarbeitung der zweiten Zielreize übrig, als unwahrscheinlich angesehen werden. In der weiteren Überlegung ist es so auch eher nicht zu vermuten, daß die vorhandenen, unterschiedlichen Helligkeitsparameter in den verschiedenen Experimenten qualitativ unterscheidbare *attentional blink* verursachten. Weiterhin spricht dieses Ergebnis auch gegen die Vermutung, daß die nicht berichtbaren Einzelworte in den unterschiedlich ausgeprägten *attentional blink* eine unterscheidbare semantische Verarbeitung erfahren könnten. Zwar können die vorhandenen Unterschiede in der Erkennungsleistung der Zielworte zwischen den Studien mit diesem Ergebnis nicht geleugnet werden, sie sind jedoch wahrscheinlich nicht durch die unterschiedlichen Kontrastbedingung erklärbar. Es erscheint viel eher wahrscheinlich, daß die Teilnahme unterschiedlicher Probanden an den drei Experimenten die Unterschiede in den Erkennungsleistungen verursachten. Aufgrund von Verhaltensbeobachtung der Probanden in den verschiedensten Experimenten unter der Verwendung der schnellen Reizdarbietungsabfolge wäre eine derartig unterschiedliche Ausprägung des *attentional blink* für unterschiedliche Probanden nicht überraschend. Ein durch die unterschiedlichen Probanden bedingter Unterschied zwischen den durchgeführten Experimenten läßt sich jedoch kaum vermeiden.

Da die Erkennungsunterschiede nach den Ergebnissen des vierten Experiments nicht auf offensichtliche Unterschiede der Reizparameter zurückgeführt werden können, wird nachfolgend angenommen, es bestehe eine relativ gute Übereinstimmung der Versuchsbedingungen in den drei ersten Experimenten zur Untersuchung der semantischen Verarbeitung im *attentional blink*. Es wird also angenommen, daß in den drei Experimenten die von den Probanden nicht berichtbaren Worte in vergleichbarer Weise als „nicht berichtbar“ eingeschätzt werden können und daß dementsprechend eine integrative Beurteilung der semantischen Verarbeitung dieser nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* als angemessen angesehen werden kann.

Das geforderte Kriterium der negativen Evidenz für die Erkennung der Reiz zur Zeit ihrer Darbietung läßt sich die durchgeführten Experimente betreffend auf die Frage fokussieren: *Was passiert mit den als nicht berichtbar eingestuftten Worten im attentional blink?*

Da die in Kapitel 2.3 dargestellten theoretische Überlegungen zur Erklärung des *attentional blink* stark differieren, kann anhand ihrer keine Aussage über die konkrete Art der im *attentional blink* möglichen Informationsverarbeitung und insbesondere über die Art der semantischen Wortanalyse getroffen werden. Während das mittlerweile nicht mehr als sehr

wahrscheinlich angesehene Inhibitionsmodell jegliche Art der Informationsverarbeitung negiert (Raymond et al., 1992), könnte unter der Annahme der formulierten Flaschenhalsmodelle (siehe Chun & Potter, 1995; Arnell & Jolicoeur, 1999) von einer lediglich automatischen semantischen Analyse nicht berichtbarer Worte ausgegangen werden. Diese Annahme begründet sich auf dem aufmerksamkeitsbedingten Ausbleiben der notwendigen Überführung der Worte in eine stabilere Repräsentation und damit verbunden mit ihrem Verbleiben in einer präattentiven Form. Eine derartig zerfallbare Repräsentation der später nicht berichtbaren Worte bekommt somit keinen Zugang zu kontrollierten Verarbeitungsprozessen und kann folglich lediglich automatischen Verarbeitungsschritten unterliegen. Im Gegensatz hierzu jedoch findet in der Vorstellung des Interferenzmodells (siehe Shapiro, 1994; Shapiro et al., 1994) eine Überführung der Reize in einen Kurzzeitspeicher statt. Hiermit verbunden wiederum ist wahrscheinlich eine relativ weitgehende Verarbeitung der nicht berichtbaren Reize, die lediglich aufgrund von Interferenzmechanismen nicht mehr aus dem Speicher abgerufen werden können. Diese, in der Formulierung des Interferenzmodells unscharf gehaltene, weitergehende Verarbeitung der nicht berichtbaren Reize in einen ebenfalls nicht genauer definierten, stabileren Kurzzeitspeicher könnte nun auch kontrollierte Verarbeitungsmechanismen mit sich bringen. Demzufolge könnte nach den Vorstellungen des Interferenzmodells durchaus mit einer kontrollierten semantischen Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte gerechnet werden.

Die obigen Ausführungen machen deutlich, daß aufgrund dieses ungeklärten theoretischen Hintergrundes bezüglich der Vorstellungen zur Entstehung des *attentional blink* keine Antwort auf die oben formulierte Frage gefunden werden kann. Aus diesem Grund wurde in den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Arbeit eine Beantwortung der Frage der im *attentional blink* passierenden Reizverarbeitung mit Hilfe des „Online“- Maßes der ereigniskorrelierter Potentiale versucht. Im Rahmen des dritten Experiments erfolgte weiterhin eine direkte Einschätzung des Vorhandenseins möglicher Mechanismen, die ein Vergessen der relativ vollständig semantisch analysierten Worte in der schnellen Reizdarbietung erklären könnten und somit eine kontrollierte Verarbeitung auch nicht berichtbarer Reize wahrscheinlich werden lassen würden.

Zunächst soll hier auf die Ergebnisse der Messung der ereigniskorrelierten Potentiale der ersten beiden Experimente eingegangen werden.

Während die Studie von Shapiro, Driver et al. (1997) zwar einen semantischen Bahnungseffekt nicht berichtbarer Worte im *attentional blink* nachweisen kann und somit das zuerst betrachtete Kriterium erfüllt, scheitert sie an dem Nachweis der tatsächlich unterschiedlichen Verarbeitung der später nicht mehr berichtbaren Primes zum Zeitpunkt ihrer Verarbeitung. Zur Beobachtung dieser potentiellen Verarbeitungsunterschiede zwischen den berichtbaren und nicht berichtbaren Worten erfolgte aus diesem Grund in den ersten beiden Experimenten der vorliegenden Arbeit neben der Betrachtung der Verhaltensdaten die Erfassung des ereigniskorrelierten Potentials der P300. Kapitel 2.2.3 nimmt eine Darstellung der vermuteten Ursachen zur Entstehung dieses Potentials vor. Als

Gesamteindruck dieses Literaturüberblicks läßt sich feststellen, daß die P300 insbesondere von relevanten, mit der vollen Aufmerksamkeit bedachten Reizen evoziert wird. Ebenso scheint sich in der stärkeren P300 Amplitude die spätere, explizite Berichtbarkeit widerzuspiegeln. Im Gegensatz hierzu kommt es bei den gegenteiligen Bedingungen zu einer Amplitudenreduktion der P300. Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit der Arbeit ist die Erkenntnis neuerer Studien, die einen negativen Zusammenhang zwischen der Amplitude der P300 und der zur Verfügung stehenden Aufmerksamkeit offenlegen (Watter et al., 2001).

In dem ersten Experiment ließ sich ein relativ schwach ausgeprägter Amplitudenunterschied der durch die berichtbaren versus nicht berichtbaren Worte im *attentional blink* evozierten P300 feststellen. Dieser Unterschied wird jedoch durch die Ergebnisse des zweiten Experiments untermauert. Trotz der unterschiedlichen Ausprägung des *attentional blink* in diesem Experiment kam es auch hier im Vergleich der berichtbaren versus nicht berichtbaren Worte zu der Auslösung einer verringerten P300 durch die später nicht berichtbaren Worte. Dieser Effekt erinnert an den in Kapitel 2.2.3 vorgestellten Dm-Effekt, in dem sich der Unterschied zwischen erinnerbaren und nicht erinnerbaren Reizen abbildet. Zur Einschätzung der Ergebnisse der P300 Messung bietet sich somit folgende Interpretation an: Die Messung der ereigniskorrelierten Potentiale während der schnellen Reizdarbietung macht das durch die Verarbeitung des ersten Zielwortes verursachte Verarbeitungsdefizit für nachfolgende Worte deutlich. Während einigen der Worte im *attentional blink* noch eine relativ hohe Aufmerksamkeitskapazität zukommt, ist diese für andere Worte weitgehend erschöpft. Diese unterschiedliche Aufmerksamkeitszuwendung äußert sich im Einklang mit den in Kapitel 2.2.3 dargelegten Befunden in einer verringerten P300 für die von dem Defizit betroffenen Worte. Die verringerte Aufmerksamkeitszuwendung jedoch bringt ebenfalls eine unvollständige Verarbeitung der betreffenden Worte mit sich und äußert sich bei der späteren Angabe in der Matrix in einem Verlust der Berichtbarkeit dieser Worte. Als Schlußfolgerung der Messung der P300 kann also von einer zum Zeitpunkt der Verarbeitung im *attentional blink* auftretenden, unterschiedlichen Verarbeitung der berichtbaren versus nicht berichtbaren Worte ausgegangen werden. Da dieses Ergebnis in den beiden ersten Experimenten unabhängig von der Ausprägungsstärke des *attentional blink* auftritt, bestätigt es die oben zunächst angezweifelte, jedoch dann durch das vierten Experiment überprüfte Vergleichbarkeit der durchgeführten Studien.

Die erzielten elektrophysiologischen Ergebnisse kommen in etwa der geforderten negativen, direkten Evidenz für die Erkennung der Reize zur Zeit der Reizdarbietung gleich. Da jedoch gerade diese nicht berichtbaren und die verringerte P300 Amplitude auslösenden Primes einen semantischen N400-Effekt evozieren, könnte mit diesem Ergebnis bereits die Erfüllung des in diesem Punkt betrachteten Kriteriums der positiven, indirekten Evidenz für eine semantische Aktivierung gepaart mit einer negativen, direkten Evidenz für die Erkennung der Reize zur Zeit der Reizdarbietung als erfüllt angesehen werden.

Aus den in der Diskussion des ersten Experiments (siehe Kapitel 3.1.3.3) ausführlich dargelegten Gründen können die elektrophysiologischen Daten als Beleg für eine unvollständige Verarbeitung der als nicht berichtbar eingeschätzten Worte jedoch auch kritisch betrachtet werden. Diese Kritik bezieht sich auf die notwendige Mittelung der Potentiale und auf die damit verbundene Möglichkeit, auch vollständig erkannte Worte gelangten in die Kategorie der nicht berichtbaren Worte. Der durch den N400-Effekt entstandene Nachweis einer automatischen Aktivierungsausbreitung könnte dann diesen wenigen, falsch kategorisierten Primes zugeschrieben werden. Da in einem derartigen Fall die Ausprägung des durch diese Gruppe der Primes evozierten N400-Effektes geringer ausfallen sollte als der durch berichtbare Primes verursachte N400-Effekt und dieses Ergebnis im ersten Experiment tatsächlich eintrat, ist diese Kritikmöglichkeit nicht auszuschließen.

Wenn jedoch tatsächlich eine derart unscharfe Trennung der Berichtbarkeits-Klassifizierung erfolgte und tatsächlich eigentlich vollständig verarbeitete Worte in die Gruppe der nicht berichtbaren Primes gerieten, so muß eine Erklärung dafür gefunden werden, warum diese Primes in den Matrizen falsch angegeben wurden oder sie tatsächlich nicht mehr berichtbar waren.

In Experiment 3 wurde den denkbaren Erklärungen für die fehlende Berichtbarkeit vollständig verarbeiteter Worte nachgegangen. So wurde einerseits ein mögliches Vergessen der betreffenden Worte im Laufe der schnellen Reizdarbietungsabfolge anhand der Manipulation der Darbietungslänge untersucht. Andererseits erfolgte eine Einschätzung der interferierenden Wirkung nachfolgender Zielworte. Die beiden experimentellen Manipulationen erbrachten keinen überzeugenden Beleg auf den Einflußfaktor des Vergessens oder der Interferenz auf die Berichtbarkeit der Worte. Es erscheint vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse daher unwahrscheinlich, daß vollständig verarbeitete Worte aufgrund der untersuchten Einflußfaktoren in der späteren Matrizenauswahl nicht korrekt angegeben werden konnten. Die Betrachtung der Ergebnisse des dritten Experiments liefert somit einen indirekten Hinweis für die wahrscheinlich tatsächlich unvollständige Verarbeitung der nicht berichtbaren Worte im *attentional blink*.

Die fehlende Berichtbarkeit einiger Worte im *attentional blink* ist nach der Beurteilung der Ergebnisse der drei ersten Experimente der vorliegende Arbeit demzufolge gleichzusetzen mit einer tatsächliche unterschiedlichen Verarbeitung der Worte zu ihrem Verarbeitungszeitpunkt. Da bei der Durchführung der Experimente auf eine weitgehende Übereinstimmung der Versuchsparameter Wert gelegt wurde und auch das vierte Experiment auf eine diesbezügliche Vergleichbarkeit der Experimente hindeutet, ist es als gerechtfertigt anzusehen, diese Definition der unvollständigen Wortverarbeitung im *attentional blink* auf alle im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Experimente zu übertragen.

Zusammenfassend kann nun also festgehalten werden, daß mit den oben berichteten Ergebnissen des dritten Experiments und den Unterschieden der ereigniskorrelierten Potentiale des ersten und des zweiten Experiments neben dem Nachweis der positiven,

indirekte Evidenz für eine semantische Aktivierung somit auch die geforderte Erbringung der negativen Evidenz für die Erkennung der Reize zur Zeit der Reizdarbietung gelungen ist.

Können die Ergebnisse der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Studien eine *positive, indirekte Evidenz der semantischen Aktivierung, die qualitativ unterschiedlich von einer mittels bewußt identifizierbarer Reize meßbaren Aktivierung ist*, nachweisen?

Es wurde bereits erwähnt (siehe Kapitel 2.1.4), daß aufgrund theoretischer Überlegungen keine unbedingte Notwendigkeit für die Forderung einer sich in ihren meßbaren Konsequenzen qualitativ von der bewußten semantischen Aktivierung unterscheidbaren, unbewußten semantischen Aktivierung besteht. Anhand der bislang bekannten Theorie (siehe Neely, 1991; Balota, 1994) wäre so eine qualitativ vergleichbare, semantische Bahnung assoziierter Probes durch vorangehende Primes sowohl aufgrund des Vorhandenseins der automatischen Aktivierungsausbreitung als auch aufgrund des Vorhandenseins kontrollierter Bahnungsmechanismen zu erwarten.

Diese Einschätzung bezüglich der Notwendigkeit des betrachteten Kriteriums gilt insbesondere, solange der Nachweis eines derartig qualitativ unterscheidbaren Effektes noch nicht erbracht worden ist. In Kapitel 2.1.4 erfolgte eine Darstellung einiger Ergebnisse, die als Hinweise auf qualitativ unterscheidbare Effekte der unbewußten semantischen Verarbeitung betrachtet werden könnten (zu nennen sind hier die Studien von Groeger, 1984; Debner & Jacoby, 1994; Klinger & Greenwald, 1995; Merikle & Joordens, 1997). Im Zusammenhang mit diesen Studien wurde jedoch festgestellt, daß die berichteten Ergebnisse auch durch den Einfluß global wirksamer strategischer Verhaltensweisen zustande gekommen sein könnten und demzufolge nicht eindeutig als automatisch wirksame Mechanismen eingestuft werden können. Die Betrachtung der Literatur bezüglich des Kriteriums der qualitativen Unterschiedlichkeit ergibt somit ein äußerst unbefriedigendes Bild und es bleibt festzuhalten, daß bislang ein überzeugender Beleg für das Vorhandensein eines derartigen Effektes nicht erbracht werden konnte.

Aufgrund des theoretisch zu erwartenden unterschiedlichen Zeitverlaufs automatischer versus kontrollierter Bahnungsmechanismen und der hierdurch verbundenen Möglichkeit der Unterscheidung der Verarbeitungsmechanismen nicht berichtbarer versus berichtbarer Primes erfolgte in dem dritten Experiment der vorliegenden Arbeit eine Manipulation der SOA zwischen Primes und Probes.

Obwohl die bislang erzielten experimentellen Befunde von Maskierungsstudien bezüglich des zeitlichen Charakters der semantischen Bahnungsmechanismen sehr uneinheitlich sind (siehe Kapitel 2.1.3.2), stehen die Ergebnisse des dritten Experiments der vorliegenden Studie in klarer Übereinstimmung mit den diesbezüglichen theoretischen Überlegungen (siehe Kapitel 2.1; auch Neely, 1991 und Balota, 1994): Während berichtbare Primes eine semantische Bahnung assoziierter Probes in allen drei verwirklichten SOA bewirken, kommt es im Fall der nicht berichtbaren Primes lediglich zu einem Bahnungseffekt

semantisch assoziierter Probes in der kürzesten SOA von 250 Millisekunden. Die Interpretation dieses Ergebnismusters sieht in den durch die berichtbaren Primes ausgelösten Bahnungseffekten das Resultat sowohl kurz wirkender, automatischer als auch langsamer wirkender, kontrollierter Bahnungsmechanismen, während der semantische Bahnungseffekt der nicht berichtbaren Primes auf die kurz wirksame, automatische Aktivierungsausbreitung zurückgeführt wird. Das Ausbleiben eines bahnenden Einflusses der nicht berichtbaren Primes in den längeren SOA wird der fehlenden Möglichkeit der kontrollierten Verarbeitung und damit dem Ausschluß kontrollierter Bahnungsmechanismen durch die unzureichende Aufmerksamkeitszuwendung der Worte im *attentional blink* zugeschrieben.

Das Ergebnismuster rechtfertigt die durch die bereits diskutierten Ergebnisse (siehe oben) als belegt geltende Annahme, daß nicht berichtbare Primes im Unterschied zu den berichtbaren Primes lediglich eine unaufmerksame Verarbeitung erfahren. In der beschriebenen Art stellt es allerdings keinen Beleg für die qualitative Unterschiedlichkeit der Verarbeitung der berichtbaren versus nicht berichtbaren Primes dar. Die Schilderung der erzielten Ergebnisse war jedoch bislang noch unvollständig. Neben dem Ausbleiben eines bahnenden Einflusses der nicht berichtbaren Primes auf die Erkennungsleistung nachfolgender Probes bei längeren SOA machte sich zusätzlich eine starke Tendenz zu einem umgekehrten Effekt bemerkbar. Eine derartige Inhibition semantisch stark assoziierter Probes durch nicht berichtbare Primes ließ sich auf der Ebene der Verhaltensdaten bereits im ersten Experiment der vorliegenden Arbeit bemerken. Dieser Inhibitionseffekt trat bei einer SOA von 583 Millisekunden und unabhängig von dem auf der Ebene der elektrophysiologischen Daten meßbaren, semantischen N400-Effekt auf¹⁰.

Welcher Mechanismus jedoch liegt diesem auf der Verhaltensebene meßbaren, semantischen Inhibitionseffekt zugrunde?

Für eine Einschätzung dieses Effektes muß die in Experiment 3 gemessene, zunächst vorhandene semantische Bahnung berücksichtigt werden. Im *attentional blink* dargebotene, nicht berichtbare Primes bewirken demzufolge nicht nur einen einseitigen semantischen Inhibitionseffekt. Es scheint sich hier vielmehr um einen zunächst bahnend wirkenden, dann jedoch in einen hemmenden Effekt umkehrenden Mechanismus zu handeln.

In selektiven Aufmerksamkeitsstudien, in denen die räumliche Position der zu beachtenden Reize mittels eines Hinweisreizes bezeichnet wurde, stellten Fuentes, Vivas

¹⁰ Die notwendig Auflösung des Widerspruchs zwischen den elektrophysiologischen Daten und der Erkennungsleistung ist in der Annahme zu sehen, daß die beiden betrachteten Messungen eine unterschiedliche Sensitivität für bahnende und inhibitorische Effekte aufweisen. So wäre es vorstellbar, daß sich auf der Ebene der Verhaltensdaten sowohl bahnende als auch inhibitorische Effekte abbilden. Aus einem derartigen Zusammentreffen könnte dann bei einem Überwiegen des inhibitorischen Einflusses ein semantischer Inhibitionseffekt entstehen. Im Gegensatz hierzu könnte sich der N400-Effekt durch inhibitorische Mechanismen unbeeinflußbar zeigen (und aus diesem Grund eben die bereits angesprochene größere Sensitivität für die Messung der semantischen *Bahnung* aufweisen).

und Humphreys (1999a), Fuentes, Vivas und Humphreys (1999b), Chasteen und Pratt (1999) und Ortells et al. (2001) ebenfalls gegenläufige semantische Effekte fest. So kam es unter einigen experimentellen Bedingungen und unter der Verwirklichung unterschiedlicher SOA zwischen den Prime- und den Probedisplays neben positiven ebenfalls zu negativen Einflüssen semantisch assoziierter Primes auf die Verhaltensleistungen für die Probes. Obwohl dieser inhibitorische Effekt nicht in allen Fällen einer vorangehenden Bahnung folgte, wird eine Beziehung dieser Ergebnisse zu der Rückkehr-Hemmung (*inhibition of return*, siehe beispielsweise Tipper, Weaver, Jerreat & Burak, 1994) hergestellt. Unter der Annahme einer sich ausbreitenden Inhibition (*spreading inhibition*, siehe hierzu z.B. Neumann, Cherau, Hood & Steinnagel, 1993; jedoch auch Rolke et al., 2002) wird ein, die ursprüngliche Interpretation der Rückkehr-Hemmung übertreffender Mechanismus postuliert, der sich nicht nur auf die Hemmung der Reize an einer vormals beachteten räumlichen Position im visuellen Feld bezieht, sondern sich auch auf Prozesse, die für den Zugriff auf lexikalische Repräsentationen notwendig sind, ausdehnt (siehe Fuentes et al., 1999a; Chasteen & Pratt, 1999). Obwohl diese Formulierung der semantischen Rückkehr-Hemmung Ähnlichkeiten mit dem in der vorliegenden Arbeit erzielten semantischen Inhibitionsprozeß andeutet, ist die Rückkehr-Hemmung in den selektiven Hinweisreiz-Studien doch eher auf die – wie auch immer geartete - intentionale Hemmung der vormals beachteten Reize zurückzuführen und weist somit die Eigenschaften eines kontrollierten Mechanismus` auf.

Bereits Neely (1977) bemerkte in seiner vielzitierten Studie die Möglichkeit einer inhibitorischen Wirkung von aufmerksam verarbeiteten Primes auf semantisch assoziierte Probes (siehe Kapitel 2.1.2.1). Bei der verletzten Erwartung bezüglich der Darbietung eines Kategorieexemplars kam es trotz semantischer Assoziation zu dem erwartungsbildenden Kategoriewort für die betreffenden Probeworte zu längeren Reaktionszeiten in einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe. Dieser Inhibitionseffekt bei einer längeren SOA von 700 Millisekunden zwischen der Darbietung der betreffenden Worte folgte einem vorangehenden, bahnenden Einfluß bei einer kurzen SOA von 250 Millisekunden. Dieser Inhibitionseffekt soll hier nochmals erwähnt werden, weil er bezüglich seiner zeitlichen Eigenschaften eine starke Ähnlichkeit zu den in Experiment 3 gewonnenen Ergebnissen aufweist. Da ein derartiger inhibitorischer Effekt bei der Darbietung erwarteter Kategorieexemplare nicht auftrat (siehe Neely, 1977), ist er jedoch sehr wahrscheinlich auf erwartungsbasierte, kontrollierte Prozesse zurückzuführen und bietet demzufolge auch keinen Erklärungsansatz für den in der vorliegenden Studie berichteten, mutmaßlich automatischen, semantischen Inhibitionsmechanismus.

Eher in Verbindung mit einem automatischen Prozeß sind die Ergebnisse von Balota (1983) zu bringen. Der Autor fand in einer Maskierungsstudie eine, dem in der vorliegenden Arbeit erzielten, zeitabhängigen Effekt ähnliche Tendenz zu einem inhibitorischen Effekt. Im Unterschied zu der kurzen SOA zwischen Prime und Probe von 350 Millisekunden war bei der längeren SOA von 2000 Millisekunden im Vergleich zu einer neutralen Bedingung die lexikalische Entscheidungsaufgabe für die semantisch assoziierten Probes verzögert (siehe auch Kapitel 2.1.4). Es ist allerdings anzumerken, daß der Autor in seiner Studie eine 60%

Erkennungsschwelle für die maskierten Primes verwirklichte. Da das hier beschriebene Ergebnis für die von dem Autoren verfolgte Fragestellung irrelevant war, blieb es zudem weitgehend unkommentiert und kann so ebenfalls keine weiteren Hinweise auf die Einschätzung des semantischen Inhibitionsmechanismus¹¹ bieten. Die in der Einleitung (siehe Kapitel 2.1.4) beschriebene Maskierungsstudie von Klinger und Greenwald (1995) legt eine durch den bewußten Versuch des Abrufs unbewußt verarbeiteter Worte verursachten Inhibitionsprozeß nahe. Diese Schlußfolgerung wurde anhand des schwer interpretierbaren Ergebnisses der schwächeren Bahnungseffekte für die Gruppe der Probanden, die durchschnittlich eine höhere Erkennung der Primes zeigte, getroffen. Da die Autoren jedoch lediglich einen Gruppenvergleich vornahmen, bleibt diese Deutung der Ergebnisse relativ spekulativ. Sie steht allerdings in Einklang mit dem von Carr und Dagenbach (1990; siehe auch Dagenbach, Carr & Barnhardt, 1990; Kahan, 2000) im Zusammenhang mit den Ergebnissen ihrer Maskierungsstudien formulierten Zentrums-Umgebungs-Mechanismus. Dieser Mechanismus sieht die durch das Bestreben der Erfassung eines schwach aktivierten Wortknotens verursachte Hemmung der mit diesem Wort semantisch assoziierten Konzeptknoten vor (siehe ebenfalls Kapitel 2.1.4). Im Rahmen dieser Vorstellung wird jedoch angenommen, daß erst die Situation des erschwerten Gedächtnisabrufs für diese schwer erfaßbaren Worte den inhibitorischen Prozeß verursacht (z.B. Carr & Dagenbach, 1990)¹¹. Aufgrund der vorgenommenen Lokalisation des semantischen Inhibitionsprozesses zum Zeitpunkt des Gedächtnisabrufs muß auch dieser nun - in der formulierten Weise - als eher kontrollierter Mechanismus eingeschätzt werden.

Da sich der semantische Inhibitionseffekt in der vorliegenden Arbeit bei vergleichbaren Abrufbedingungen der Probes selektiv in der Bedingung der nicht erkannten Primes manifestiert, muß davon ausgegangen werden, daß hier eine durch unaufmerksam verarbeitete Primes bedingte, inhibitorische Beeinflussung der Erkennungsleistung der Probes stattfindet, *bevor* sich die Probanden in der konkreten Situation des Gedächtnisabrufs für die Zielworte befinden. Dieser Umstand spricht dafür, daß es sich ebenso wie bei dem bahnenden Einfluß der automatischen Aktivierungsausbreitung auf die in kurzem Zeitabstand erscheinenden Probes auch bei dem in einem längeren Zeitabstand zwischen den beiden Worten auftretenden inhibitorischen Mechanismus um einen automatischen Prozeß handelt. Da jedoch automatische Prozesse theoretisch – zumindest aufgrund der auf Verhaltensebene meßbaren Effekte – eher als kurz andauernd beschrieben werden, spricht gegen den automatischen Charakter des Inhibitionsprozesses dessen zeitliche Ausdehnung. Während der Effekt im ersten Experiment der vorliegenden Arbeit bereits nach 583 Millisekunden auftrat, war die starke Tendenz dieses Inhibitionseffektes in dem dritten Experiment erst nach 917 Millisekunden meßbar. Anhand der bislang erzielten Ergebnisse

¹¹ An dieser Stelle muß allerdings bemerkt werden, daß der postulierte Inhibitionsmechanismus nur in der angenommenen Weise in Kraft treten kann, solange eine schwache Aktivierung des nicht bewußt erfaßbaren Wortknotens vorhanden ist und dieser einen Ausgangspunkt für die Hemmung bilden kann. Somit sind dem Mechanismus in der von den Autoren formulierten Charakterisierung sicherlich zeitliche Grenzen gesetzt.

kann jedoch keine eindeutige Einschätzung über mögliche zeitliche Überlagerungen von semantischen Bahnungs- und Inhibitionsprozessen und dementsprechend auch keine klare Aussage über die zeitlichen Eigenschaften des Inhibitionseffektes getroffen werden. Es bleibt an dieser Stelle daher lediglich festzustellen, daß ein derartig automatischer semantischer Inhibitionsprozeß bislang weder theoretisch formuliert (vergleiche Kapitel 2.1.1) noch – meines Wissens - in vergleichbarer Weise jemals berichtet worden ist. Es kann demzufolge im Rahmen der vorliegenden Arbeit keine Beantwortung der Frage erzielt werden, wie diese, einer vorangehenden semantischen Bahnung folgende, semantische Inhibition im Kontext der theoretischen Überlegungen der der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Prozesse einzuschätzen ist. So müssen nachfolgende Studien den Versuch unternehmen, zu einer näheren Charakterisierung des hier formulierten automatischen semantischen Inhibitionsmechanismus` zu kommen.

Unabhängig von der Klärung dieser offenen Frage jedoch kann der auf der Ebene der Verhaltensdaten meßbare Inhibitionseffekt, der in den Experimenten 1 und 3 der vorliegenden Arbeit selektiv durch die nicht berichtbaren Primes verursacht wird, als Beleg einer *qualitativ unterschiedlich von einer mittels bewußt identifizierbaren Reizen meßbaren Aktivierung* dieser Worte angesehen werden. In diesem Sinn ist auch das letzte der geforderten Kriterien durch die Ergebnisse der beiden betrachteten Experimente erfüllt.

Die allgemeine Diskussion macht deutlich, daß die durchgeführten Studien In ihrer Integration alle von Holender (1986) und anderen Autoren (beispielsweise Merikle & Daneman, 2000) als wesentlich erachteten Kriterien zum Nachweis der tatsächlich unbewußten/unaufmerksamen Wortverarbeitung erfüllen können. Die vorliegende Arbeit bietet damit einen starken Beleg für die automatische semantische Verarbeitung von Worten, die unter der Abwesenheit der Aufmerksamkeit verarbeitet wurden und die nicht bewußt berichtbar sind.

Neben der mangelnden Gewährleistung der drei Kriterien liefert die Literatur jedoch weitere Befunde, die gegen eine aufmerksamkeitsunabhängige, automatische semantische Analyse von Worten und gegen die automatische Aktivierungsausbreitung als hinreichenden Mechanismus zur Verursachung semantischer Bahnungseffekte sprechen. In der folgenden allgemeinen Einschätzung wird dem gewichtigsten Argument gegen eine automatische Aktivierungsausbreitung, dem Prime-Aufgaben-Effekt, nachgegangen.

4.1 Allgemeine Einschätzung

In Einklang mit den von Neely und Kahan (2001, siehe Kapitel 2.1.1) geäußerten Überlegungen postulieren bereits Kahneman und Chajczyk (1983), daß ein automatischer Prozeß durch die Zuwendung oder Abwendung von Ressourcen weder verstärkt noch abgeschwächt werden dürfte. Eine Abschwächung der meßbaren semantischen Bahnung jedoch muß nicht zwingend auch eine Abschwächung der zugrundeliegenden Prozesse

implizieren. Alternativ könnte dieser Effekt auch durch den Beitrag unterschiedlicher Mechanismen erklärt werden (siehe auch Neely & Kahan, 2001 für eine diesbezügliche Äußerung). In diesem Verständnis könnte die automatische Aktivierungsausbreitung verantwortlich für die grundlegenden semantischen Bahnungseffekte sein, während der durch unterschiedliche experimentelle Manipulationen veränderbare Beitrag kontrollierter Mechanismen die Stärke der semantischen Bahnung moduliert. Für die Annahme einer automatischen semantischen Wortverarbeitung ist die aus den Veränderungen der Aufgabenanforderungen resultierende Verminderung eines semantischen Bahnungseffektes aufgrund dieser Überlegungen nicht kritisch. Im Umkehrschluß der oben geäußerten Vorstellung sollte es unter der Einhaltung bestimmter zeitlicher Parameter jedoch unter allen experimentellen Bedingungen zu einer, durch die automatische Aktivierungsausbreitung bedingten, semantischen Bahnung kommen. Das vollständige Ausbleiben des semantischen Bahnungseffektes unter beispielsweise der Buchstabensuche eines Primewort-Displays (Prime-Aufgaben-Effekt) bildet somit das stärkste Argument gegen die Annahme einer automatischen semantischen Aktivierungsausbreitung.

In Kapitel 2.1.2.3 wurde eine Darstellung verschiedener Ergebnisse und Interpretationen des Prime-Aufgaben-Effektes vorgenommen. Diese Ausführungen (siehe auch Maxfield, 1997 für eine Übersicht) zeigen bereits, daß mit fortschreitender Anzahl der Studien eine Reinterpretation des ursprünglich als relativ eindeutig angesehenen Effektes stattfinden mußte. Während frühe Studien die ausbleibende lexikalische Aktivierung des Primes für die Abwesenheit der semantischen Bahnung verantwortlich machten (z.B. Smith, 1979), erschien der Nachweis dieser lexikalischen Aktivierung durch nachfolgende Studien erbracht worden zu sein (siehe Besner et al., 1990, Friedrich et al., 1991; Stolz & Besner, 1998). Ist es jedoch tatsächlich zu einer lexikalischen Aktivierung der Primewortrepräsentation gekommen, so sollten – unter der gegebenen Annahme der Automtizität der Prozesse (siehe Kapitel 2.1.1.3, Seite 9) - die Auswirkungen der hierdurch verursachten automatischen semantischen Aktivierung in einem Bahnungseffekt deutlich werden. In einer abgewandelten Versuchsanordnung stellten Mari-Beffa, Houghton et al. (2000, siehe auch Mari-Beffa, Fuentes et al., 2000) die Möglichkeit des Auftretens inhibitorischer Effekte in der Buchstabensuchaufgabe fest. Aufgrund dieses Ergebnisses wird den Überlegungen der Autoren zufolge der fehlende Bahnungseffekt durch eine Überlagerung von aktivierenden und hemmenden Mechanismen erklärbar. Mit dieser Einschätzung und der Annahme der im Nettoergebnis gegenläufiger Effekte eben nicht mehr meßbaren semantischen Aktivierung wird das gegen die automatische semantische Aktivierung sprechende Argument des Prime-Aufgaben-Effektes entkräftet. Es muß jedoch erwähnt werden, daß die Schlußfolgerung, es komme zu einer semantischen Aktivierung, lediglich indirekt anhand des Nachweises inhibitorischer Effekte gezogen wurde. Es ist jedoch offensichtlich, daß eindeutiger Aussagen bezüglich des Vorhandenseins der automatischen Aktivierungsausbreitung anhand ihres direkten Nachweises erfolgen kann.

Heil et al. (2002; siehe auch Sauk, 2002) nahmen eine Überprüfung der semantischen Aktivierung innerhalb einer Buchstabensuchaufgabe vor. Neben der Verwirklichung der

semantischen Bahnungsbedingung realisierten die Autoren gleichzeitig eine Wiederholung der Primeworte (Wiederholungsbahnung). Zusätzlich nahmen sie eine Messung der durch das Probedisplay evozierten ereigniskorrelierten Potentiale vor. In einem ersten Experiment führten die Probanden für das Primedisplay zunächst eine Buchstabensuchaufgabe und für das folgende Probedisplay eine lexikalische Entscheidungsaufgabe aus. Im zweiten Experiment wurde für beide Displays eine Buchstabensuchaufgabe gefordert. In Übereinstimmung mit den bislang in dieser Versuchsanordnung erzielten Ergebnissen stellten die Autoren im ersten Experiment zwar eine Wiederholungsbahnung, jedoch keinen in den Reaktionszeiten für die lexikalische Entscheidungsaufgabe meßbaren semantischen Bahnungseffekt fest. Trotz des in den Verhaltensdaten ausbleibenden semantischen Bahnungseffektes für assoziierte Prime-Probe-Paare war in dieser Bedingung ein semantischer N400-Effekt meßbar. Obwohl im zweiten Experiment weder ein semantischer Bahnungseffekt noch eine Wiederholungsbahnung auf der Ebene der Reaktionszeiten gemessen werden konnte, ergab sich selbst in dem Fall der doppelten Buchstabensuchaufgabe eine Amplitudenmodulation der ereigniskorrelierten Potentiale, die auf die semantische Verarbeitung der Primes zurückgeführt werden muß. Zusammenfassend kann aufgrund der letztgenannten Ergebnisse der Nachweis der semantischen Aktivierungsausbreitung auch in der Buchstabensuchaufgabe als gegeben angesehen werden. Mit diesem Nachweis wird jedoch auch das durch den Prime-Aufgaben-Effekt ursprünglich vorhandene Argument gegen die Automtizität der semantischen Wortverarbeitung widerlegt.

Als abschließende Einschätzung der diskutierten Ergebnisse bezüglich der in der vorliegenden Arbeit verfolgten Fragestellung kann nun festgehalten werden, daß durch den oben beschriebenen, elektrophysiologischen Nachweis der automatischen Aktivierungsausbreitung in der Buchstabensuchaufgabe der in der Literatur angefügte, stärkste Hinweis auf den nicht automatischen Charakter der semantischen Wortverarbeitung nichtig geworden ist.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit können die zum Nachweis der unbewußten oder unaufmerksamen Wortverarbeitung geforderten Kriterien erfüllt werden. Obwohl also die derart unaufmerksame Wortverarbeitung im *attentional blink* belegt wird, kommt es zu einer durch eben diese Worte ausgelösten automatischen Aktivierungsausbreitung. Die erzielten Ergebnisse weisen somit eindeutig auf Möglichkeit der semantische Analyse von Worten hin, deren unaufmerksame Verarbeitung nicht die Stufe der Berichtbarkeit und des bewußten Erlebens erreicht.

4.2 Ausblick

Die vorliegende Arbeit macht deutlich, daß sich das Paradigma der schnellen Reizdarbietung in besonderer Weise zu der Untersuchung der unbewußten/unaufmerksamen Informationsverarbeitung eignet. So gelang mittels der Betrachtung der Worte, die im

attentional blink verloren gingen, der Nachweis einer automatischen semantischen Verarbeitung.

Neben diesem Hauptergebnis der vorliegenden Arbeit stellte sich für die unaufmerksam verarbeiteten Worte im *attentional blink* ein bislang theoretisch nicht angenommener semantischer Inhibitionseffekt heraus. Sollte sich in nachfolgenden Studien eine Bestätigung dieses Effektes ergeben, so müßten die theoretischen Überlegungen bezüglich der der semantischen Bahnung zugrundeliegenden Mechanismen erweitert werden. Um zu einer Einordnung dieses semantischen Inhibitionseffektes in den existierenden theoretischen Hintergrund zu kommen, sollte die experimentelle Betrachtung dieses Effektes in den Mittelpunkt weiterer Studien gestellt werden. So bietet sich beispielsweise eine Kontrastierung des hier beschriebenen, automatischen Inhibitionseffektes mit dem durch die verletzte Erwartung verursachten, kontrollierten Inhibitionseffekt (siehe Neely, 1977) an. Unter der gegebenen Annahme der Beteiligung unterschiedlicher Verarbeitungsmechanismen wäre bei einem derartigen Vergleich eine zeitabhängige, doppelte Dissoziation der durch berichtbare versus nicht berichtbare Primes verursachten kontrollierten versus automatischen semantischen Inhibitionseffekte zu erwarten.

Die Ähnlichkeit des in der vorliegenden Arbeit beschriebenen, semantischen Inhibitionseffektes mit den durch den theoretisch formulierten Zentrums-Umgebungs-Mechanismus verursachten Ergebnissen (siehe Carr & Dagenbach, 1990) legt ebenfalls eine weiterführende experimentelle Herangehensweise zur Einschätzung des Inhibitionsmechanismus` nahe. So postuliert der Zentrums-Umgebungs-Mechanismus bei einer vorhandenen schwachen Aktivierung des betrachteten Konzeptwortes eine Hemmung der semantisch assoziierten Konzeptknoten innerhalb des semantischen Gedächtnisses. Diese Hemmung schließt das betreffende Wortkonzept selbst jedoch nicht ein. Liegt dem semantischen Inhibitionseffekt ein dem Zentrums-Umgebungs-Mechanismus funktional vergleichbarer Mechanismus zugrunde, so wäre neben der negativen Auswirkung der nicht berichtbarer Primes im *attentional blink* auf semantisch assoziierte Probes mit einer fehlenden Beeinträchtigung der Verarbeitung identischer Probes zu rechnen.

Sollte sich in weiterführenden Studien eine Generalisierbarkeit des semantischen Inhibitionseffektes zeigen und sollte sich eventuell seine Übertragbarkeit von der semantischen Wortverarbeitung auf andere Reizverarbeitungsprozesse andeuten, so bildet dieser Inhibitionseffekt einen weiteren Mosaikstein zum Verständnis der Funktionsweise des informationsverarbeitenden kognitiven Systems.

5 Literaturverzeichnis

- Allport, D. A. (1977). On knowing the meaning of words we are unable to report: The effects of visual masking. In S. Dornic (Hrsg.), *Attention and performance VI* (S.505-533). New York: Academic Press.
- Anderson, J. R. (1983a). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Anderson, J. R. (1983b). *The architecture of cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Washington, DC: Hemisphere Press.
- Anderson, J. E., & Holcomb, P. J. (1995). Auditory and visual semantic priming using different stimulus onset asynchronies: An event-related brain potential study. *Psychophysiology*, 32, 177-190.
- Arnell, K. M., & Jolicoeur, P. (1999). The attentional blink across stimulus modalities: Evidence for central processing limitations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 630-648.
- Balota, D. A. (1983). Automatic semantic activation and episodic memory encoding. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 88-104.
- Balota, D. A. (1994). Visual word recognition. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 303-358). San Diego: Academic Press.
- Balota, D. A., & Lorch, R. F. (1986). Depth of automatic spreading activation: Mediated priming effects in pronunciation but not in lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 12, 336-345.
- Bavelier, D., & Potter, M. C. (1992). Visual and phonological codes in repetition blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 134-147.
- Becker, C. A. (1980). Semantic context effects in visual word recognition: An analysis of semantic strategies. *Memory & Cognition*, 8, 493-512.
- Becker, C. A., & Killion, T. H. (1977). Interaction of visual and cognitive effects in word reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 389-401.
- Begleiter, H., Porjesz, B., Chou, C. L., & Aunon, J. I. (1983). P3 and stimulus incentive value. *Psychophysiology*, 20, 95-101.
- Bentin, S. (1989). Electrophysiology of word perception, lexical organization and semantic priming: A tutorial review. *Language & Speech*, 32, 205-220.
- Bentin, S., Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1993). Electrophysiological evidence for task effects on semantic priming in auditory word processing. *Psychophysiology*, 30, 161-169.
- Bentin, S., Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1995). Semantic processing and memory for attended and unattended words in dichotic listening: Behavioral and electrophysiological evidence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 54-67.
- Bentin, S., McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Event-related potentials, lexical decision and semantic priming. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 60, 343-355.
- Besner, D., Smith, M. C., & MacLeod, C. M. (1990). Visual word recognition: A dissociation of lexical and semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 862-869.
- Besner, D., Stolz, J. A., & Boutilier, C. (1997). The stroop effect and the myth of automaticity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 221-225.

- Besson, M., Fischler, I., Boaz, T., & Raney, G. (1992). Effects of automatic associative activation on explicit and implicit memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 89-105.
- Besson, M., & Macar, F. (1987). An event-related potential analysis of incongruity in music and other non-linguistic contexts. *Psychophysiology*, 24, 14-25.
- Binnewies, C., Heinrich, U., & Vorberg, D. (2002). Priming durch maskierte Wörter – Wirklich ein semantischer Effekt? In M. Baumann, A. Keinath, & J. F. Krems (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie* (S. 84). Regensburg: Roderer.
- Blaxton, T., & Neely, J. H. (1983). Inhibition from semantically related primes: Evidence of category-specific inhibition. *Memory & Cognition*, 11, 500-501.
- Boddy, J. (1986). Event-related potentials in chronometric analysis of primed word recognition with different stimulus onset asynchronies. *Psychophysiology*, 23, 232-245.
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer-Verlag.
- Botella, J., & Eriksen, C. W. (1991). Pattern changes in rapid serial visual presentation tasks without strategic shifts. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 29, 109-112.
- Botella, J., & Eriksen, C. W. (1992). Filtering versus parallel processing in RSVP tasks. *Perception & Psychophysics*, 51, 334-343.
- Botella, J., Garcia, M. L., & Barriopedro, M. (1992). Intrusion patterns in rapid serial visual presentation tasks with two response dimensions. *Perception & Psychophysics*, 52, 547-552.
- Bradshaw, J. L. (1974). Peripherally presented and unreported words may bias the perceived meaning of a centrally fixated homograph. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 1200-1202.
- Brehaut, J. C., Enns, J., & Di Lollo, V. (1999). Visual masking plays two roles in the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, 61, 1436-1448.
- Breitmeyer, B. G. (1984). *Visual masking: An integrative approach*. New York: Oxford University Press.
- Breitmeyer, B. G., Ehrenstein, A., Pritchard, K., Hiscock, M., & Crisan, J. (1999). The roles of location specificity and masking mechanisms in the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, 61, 798-809.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. London: Pergamon Press.
- Broadbent, D. E., & Broadbent, M. H. (1987). From detection to identification: Response to multiple targets in rapid serial visual presentation. *Perception & Psychophysics*, 42, 105-113.
- Brown, C., & Hagoort, P. (1993). The processing nature of the N400: Evidence from masked priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 34-44.
- Brown, M. S., Roberts, M. A., & Besner, D. (2001). Semantic processing in visual word recognition: Activation blocking and domain specificity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 778-784.
- Chasteen, A. L., & Pratt, J. (1999). The effect of inhibition of return on lexical access. *Psychological Science*, 10, 41-46.
- Carr, T. H., & Dagenbach, D. (1990). Semantic priming and repetition priming from masked words: Evidence from a center-surround attentional mechanism in perceptual recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 431-350.
- Carr, T. H., McCauley, C., Sperber, R. D., & Parmelee, C. M. (1982). Words, pictures, and priming: On semantic activation, conscious identification, and automaticity of information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 757-777.
- CELEX (Hrsg.)(1995). *The CELEX database* (Release 2.ed.). Nijmegen: Max Planck Institute for Psycholinguistics.
- Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1984). Priming with and without awareness. *Perception & Psychophysics*, 36, 387-395.

- Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1986). Distinguishing conscious from unconscious perceptual processes. *Canadian Journal of Psychology*, 40, 343-367.
- Chiappe, P. R., Smith, M. C., & Besner, D. (1996). Semantic priming in visual word recognition: Activation blocking and domains of processing. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 249-253.
- Chun, M. M. (1997). Types and tokens in visual processing: A double dissociation between the attentional blink and repetition blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 738-755.
- Chun, M. M. & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.
- Chwilla, D. J., Brown, C. M., & Hagoort, P. (1995). The N400 as a function of the level of processing. *Psychophysiology*, 32, 274-285.
- Coles, M. G., Gratton, G., Bashore, T. R., Eriksen, C. W., & Donchin, E. (1985). A psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 529 – 553.
- Coles, M. G., & Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: An introduction. In M. D. Rugg & M. G. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind* (S. 1-26). Oxford: Oxford University Press.
- Coles, M. G., Smid, H. G., Scheffers, M. K., & Otten, L. L. (1995). Mental chronometry and the study of human information processing. In M. D. Rugg & M. G. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind* (S. 86-131). Oxford: Oxford University Press.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 240-247.
- Corteen, R. S., & Wood, B. (1972). Automatic responses to shock-associated words in an unattended channel. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 308-318.
- Courchesne, E., Hillyard, S. A., & Courchesne, R. Y. (1977). P3 waves to the discrimination of targets in homogeneous and heterogeneous stimulus sequences. *Psychophysiology*, 14, 590-597.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Craik, F. I., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 268-294.
- Crick, F., & Koch, C. (1992). Das Problem des Bewußtseins. *Spektrum der Wissenschaft*, November, 144-152.
- Cropper, S. J., & Derrington, A. M. (1996). Rapid colour-specific detection of motion in human vision. *Nature*, 379, 72-74.
- Dagenbach, D., Carr, T. H., & Barnhardt, T. M. (1990). Inhibitory semantic priming of lexical decisions due to failure to retrieve weakly activated codes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 328-340.
- Dagenbach, D., Carr, T. H., & Wilhelmsen, A. (1989). Task-induced strategies and near threshold priming: Conscious influences on unconscious perception. *Journal of Memory and Language*, 28, 412-443.
- Damian, M., F. (2000). Semantic negative priming in picture categorization and naming. *Cognition*, 76, B45-B55.

- Damian, M. F. (2001). Congruity effects evoked by subliminally presented primes: Automaticity rather than semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 154-165.
- Dannebring, G. L., & Briand, K. (1982). Semantic priming and word repetition effect in a lexical decision task. *Canadian Journal of Psychology*, 36, 435-444.
- Davelaar, E., & Coltheart, M. (1975). Effects of interpolated items on the association effect in lexical decision tasks. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 6, 269-272.
- Deacon, D., Breton, F., Ritter, W., & Vaughan, H. G. (1991). The relationship between N2 and N400: Scalp distribution, stimulus probability, and task relevance. *Psychophysiology*, 28, 185-200.
- Deacon, D., Hewitt, S., & Tamny, T. (1998). Event-related potential indices of semantic priming following an unrelated intervening item. *Cognitive Brain Research*, 6, 219-225.
- Deacon, D., Hewitt, S., Yang, C.-M., & Nagata, M. (2000). Event-related potentials indices of semantic priming using masked and unmasked words: Evidence that the N400 does not reflect a post-lexical process. *Cognitive Brain Research*, 9, 137-146.
- Deacon, D., & Shelley-Tremblay, J. (2000). How automatic is meaning accessed: A review of the effects of attention on semantic processing. *Frontiers in Bioscience*, 5, E82-94.
- Deacon, D., Uhm, T.-J., Ritter, W., Hewitt, S., & Dynowska, A. (1999). The lifetime of automatic semantic priming effects may exceed two seconds. *Cognitive Brain Research*, 7, 465-472.
- Debner, J. A., & Jacoby, L. L. (1994). Unconscious perception: Attention, awareness, and control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 304-317.
- de Groot, A. M. (1985). Word-context effects in word naming and lexical decision. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 281-297.
- Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., van de Moortele, P.-F., & Le Bihan, D. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 395, 597-600.
- De Jong, R., Wierda, M., Mulder, G., & Mulder, L. J. (1988). Use of partial information in responding. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 682-692.
- Dell'Acqua, R., & Grainger, J. (1999). Unconscious semantic priming from pictures. *Cognition*, 73, B1-B15.
- Dell'Acqua, R., Turatto, M., & Jolicoeur, P. (2001). Cross-modal attentional deficits in processing tactile stimulation. *Perception & Psychophysics*, 63, 777-789.
- den Heyer, K., Briand, K., & Dannebring, G. (1983). Strategic factors in a lexical decision task: Evidence for automatic and attention-driven processes. *Memory & Cognition*, 11, 374-381.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Dörner, D. (2000). Bewußtsein und Gehirn. In N. Elsner, & G. Lüer (Hrsg.), *Das Gehirn und sein Geist* (S. 147-165). Göttingen: Wallstein Verlag.
- Donchin, E. (1981). Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493-513.
- Donchin, E., & Coles, M. G. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 357-374.
- Donchin, E., Ritter, W., & McCallum, W. C. (1978). Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP. In E. Callaway, P. Tueting, & S. H. Koslow (Hrsg.), *Event-related potentials in man* (S. 349-412). New York: Academic Press.
- Dosher, B. A. (1998). The response-window regression method – Some problematic assumptions: Comment on Draine and Greenwald (1998). *Journal of Experimental Psychology: General*, 127, 311-317.

- Doshier, B. A., & Rosedale, G. (1989). Integrated retrieval cues as a mechanism for priming in retrieval from memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 118, 191-211.
- Duncan, J., & Humphreys, G. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 97, 523-547.
- Duncan, J., Martens, S., & Ward, R. (1997). Restricted attentional capacity within but not between sensory modalities. *Nature*, 387, 808-810.
- Duncan, J., Ward, R., & Shapiro, K. (1994). Direct measurement of attentional dwell time in human vision. *Nature*, 369, 313-315.
- Duncan-Johnson, C. C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, 14, 456-467.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Fabiani, M., Karis, D., & Donchin, E. (1986). P300 and recall in an incidental memory paradigm. *Psychophysiology*, 23, 298-308.
- Favreau, M., & Segalowitz, N. S. (1983). Automatic and controlled processes in the first- and second-language reading of fluent bilinguals. *Memory & Cognition*, 11, 565-574.
- Federmeier, K. D., & Kutas, M. (1999). A rose by any other name: Long-term memory structure and sentence processing. *Journal of Memory and Language*, 41, 469-495.
- Fernández, G., Weyerts, H., Tendolkar, I., Smid, H. G., Scholz, M., & Heinze, H.-J. (1998). Event-related potentials of verbal encoding into episodic memory: Dissociation between the effects of subsequent memory performance and distinctiveness. *Psychophysiology*, 35, 709-720.
- Ferrand, L. (1996). The masked repetition priming effect dissipates when increasing the inter-stimulus interval: Evidence from word naming. *Acta Psychologica*, 91, 15-25.
- Fischler, I. (1977). Associative facilitation without expectancy in a lexical decision task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 18-26.
- Foss, D. J. (1982). A discourse on semantic priming. *Cognitive Psychology*, 14, 590-607.
- Fowler, C. A., Wolford, G., Slade, R., & Tassinary, L. (1981). Lexical access with and without awareness. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 341-362.
- Fox, E. (1994). Interference and negative priming from ignored distractors: The role of selection difficulty. *Perception & Psychophysics*, 56, 565-574.
- Friedman, D., Hakerem, G., Sutton, S., & Fleiss, J. L. (1973). Effect of stimulus uncertainty on the pupillary dilation response and the vertex evoked potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 34, 475-484.
- Friedrich, F. J., Henik, A., & Tzelgov, J. (1991). Automatic processes in lexical access and spreading activation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 792-806.
- Fuentes, L. J., & Tudela, P. (1992). Semantic processing of foveally and parafoveally presented words in a lexical decision task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45A, 299-322.
- Fuentes, L. J., Vivas, A. B., & Humphreys, G. W. (1999a). Inhibitory tagging of stimulus properties in inhibition of return: Effects on semantic priming and flanker interference. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 149-164.
- Fuentes, L. J., Vivas, A. B., & Humphreys, G. W. (1999b). Inhibitory mechanisms of attentional networks: Spatial and semantic inhibitory processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1114-1126.

- Gathercole, S. E., & Broadbent, D. E. (1984). Combining attributes in specified and categorized target search: Further evidence for strategic differences. *Memory & Cognition*, 12, 329-337.
- Giesbrecht, B. & Di Lollo, V. (1998). Beyond the attentional blink: Visual masking by object substitution. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1454-1466.
- Glaser, W. R., & Glaser, M. O. (1993). Colors as properties: Stroop-like effects between objects and their colors. In G. Strube, & K. F. Wender (Hrsg.), *The cognitive psychology of knowledge. Advances in Psychology Series 101* (S. 1-32). Amsterdam: Elsevier.
- Grandison, T., Ghiardelli, T. G., & Egeth, H. E. (1997). Beyond similarity: Masking of the target is sufficient to cause the attentional blink. *Perception & Psychophysics*, 59, 266-274.
- Greenwald, A. G., Draine, S. C., & Abrams, R. L. (1996). Three cognitive markers of unconscious semantic activation. *Science*, 273, 1699-1702.
- Greenwald, A. G., Klinger, M. R., & Liu, T. J. (1989). Unconscious processing of dichoptically masked words. *Memory & Cognition*, 17, 35-47.
- Groeger, J. A. (1984). Evidence of unconscious semantic processing from forced error situation. *British Journal of Psychology*, 75, 305-314.
- Gunter, T. C., Jackson, J. L., & Mulder, G. (1992). An electrophysiological study of semantic processing in young and middle aged academics. *Psychophysiology*, 29, 38-54.
- Heil, M., Rolke, B., & Sauk, J. (2002). Elektrophysiologische Bahnungskorrelate in der letter-search task. In M. Baumann, A. Keinath, & J. F. Krems (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie* (S. 123). Regensburg: Roderer.
- Henik, A., Friedrich, F. J., & Kellogg, W. A. (1983). The dependence of semantic relatedness effects upon prime processing. *Memory & Cognition*, 11, 366-373.
- Henik, A., Friedrich, F. J., Tzelgov, J., & Tramer, S. (1994). Capacity demands of automatic processing in semantic priming. *Memory & Cognition*, 22, 157-168.
- Hennighausen, E., Heil, M., & Rösler, F. (1993). A correction method for DC drift artifacts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 86, 199-204.
- Hill, H., Strube, M., Roesch-Ely, D., & Weisbrod, M. (2002). Automatic vs. controlled processes in semantic priming – differentiation by event-related potentials. *International Journal of Psychophysiology*, 44, 197-218.
- Hines, D., Czerwinski, M., Sawyer, P.K., & Drwyer, M. (1986). Automatic semantic priming: Effect of category exemplar level and word association level. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 370-379.
- Hömborg, V., Grünwald, G., & Grünwald-Zuberbier, E. (1980). The incentive value of stimuli and the P300 component of cerebral evoked potentials. In H. H. Kornhuber, & L. Deecke (Hrsg.), *Motivation, motor and sensory processes of the brain: Electrical potentials, behavior and clinical use* (S. 629-633). Amsterdam: Elsevier.
- Hömborg, V., Grünwald, G., & Grünwald-Zuberbier, E. (1981). The variation of P300 amplitude in a money-winning paradigm in children. *Psychophysiology*, 18, 258-262.
- Hoffman, J. E., Simons, R. F., & Houck, M. R. (1983). Event-related potentials during controlled and automatic target detection. *Psychophysiology*, 20, 625-632.
- Hoffmeister, J. (1955). *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.
- Holcomb, P. J. (1988). Automatic and attentional processing: An event-related potential analysis of semantic priming. *Brain and Language*, 35, 66-85.
- Holcomb, P. J. (1993). Semantic priming and stimulus degradation: Implications for the role of the N400 in language processing. *Psychophysiology*, 30, 47-61.

- Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *The Behavioral and Brain Sciences*, 9, 1-66.
- Inhoff, A. W. (1982). Parafoveal word perception: A further case against semantic processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 137-145.
- Inhoff, A. W., & Rayner, K. (1980). Parafoveal word perception: A case against semantic preprocessing. *Perception & Psychophysics*, 27, 457-464.
- Isaak, M. I., Shapiro, K. L., Martin, J. (1999). The attentional blink reflects retrieval competition among multiple rapid serial visual presentation items: Tests of an interference model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1774-1792.
- Israel, J. B., Chesney, G. L., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1980). P300 and tracking difficulty: Evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, 17, 259-273.
- Israel, J. B., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1979). The event-related brain potential as a selective index of display-monitoring workload. *Human Factors*, 22, 212-224.
- Jaspers, H. H. (1958). The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 23, 367-384.
- Johnson, R., & Donchin, E. (1980). P300 and stimulus categorization: Two plus one is not so different from one plus one. *Psychophysiology*, 17, 167-178.
- Jolicoeur, P. (1998). Modulation of the attentional blink by on-line response selection: Evidence from speeded and unspeeded task decision. *Memory & Cognition*, 26, 1014-1032.
- Jolicoeur, P. (1999). Concurrent response-selection demands modulate the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1097-1113.
- Jolicoeur, P., & Dell'Acqua, R. (1998). The demonstration of short-term consolidation. *Cognitive Psychology*, 36, 138-202.
- Jolicoeur, P., & Dell'Acqua, R. (2000). Selective influence of second target exposure duration and task1 load effects in the attentional blink phenomenon. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7, 472-479.
- Jolicoeur, P., Dell'Acqua, R. & Crebolder, J. M. (2001). The attentional blink bottleneck. In K. Shapiro (Hrsg.), *The limits of attention* (S. 82-99). Oxford: University Press.
- Joordens, S., & Becker, S. (1997). The long and short of semantic priming effects in lexical decision. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 1083-1105.
- Joordens, S., & Besner, D. (1992). Priming effects that span an intervening unrelated word: Implications for models of memory representation and retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 483-491.
- Joseph, J. S., Chun, M. M., Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a "preattentive" feature search task. *Nature*, 387, 805-807.
- Kahan, T. A. (2000). Negative priming from masked words: Retrospective prime clarification or center-surround inhibition? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 1392-1410.
- Kahneman, D., & Chajczyk, D. (1983). Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 497-509.

- Kanwisher, N. (1987). Repetition blindness and illusory conjunctions: Errors in binding visual types with visual tokens. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 404-421.
- Kanwisher, N., & Potter, M. C. (1989). Repetition blindness: The effects of stimulus modality and spatial displacement. *Memory & Cognition*, 17, 117-124.
- Kanwisher, N., & Potter, M. C. (1990). Repetition blindness: Levels of processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 30-47.
- Karis, D., Fabiani, M., & Donchin, E. (1984). "P300" and memory: Individual differences in the von Restorff effect. *Cognitive Psychology*, 16, 177-216.
- Kellenbach, M. L., & Michie, P. T. (1996). Modulation of event-related potentials by semantic priming: Effects of color-cued selective attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 155-173.
- Kiefer, M. (2002). The N400 is modulated by unconsciously perceived masked words: Further evidence for an automatic spreading activation account of N400 priming effects. *Cognitive Brain Research*, 13, 27-39.
- Kiefer, M., & Spitzer, M. (2000). Time course of conscious and unconscious semantic brain activations. *NeuroReport*, 11, 2401-2407.
- Kikuchi, T. (1996). Detection of Kanji words in a rapid serial visual presentation task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 332-341.
- Klinger, M. R., Burton, P. C., & Pitts, G. S. (2000). Mechanisms of unconscious priming: 1. Response competition, not spreading activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 441-455.
- Klinger, M. R., & Greenwald, A. G. (1995). Unconscious priming of association judgments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 569-581.
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38, 557-577.
- Koriat, A. (1981). Semantic facilitation in lexical decision as a function of prime-target association. *Memory & Cognition*, 9, 587-598.
- Kreuger, L. E., & Weiss, M. E. (1976). Letter search through words and nonwords: The effect of fixed, absent or mutilated targets. *Memory & Cognition*, 4, 200-206.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203-205.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307, 161-163.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1989). An electrophysiological probe of incidental semantic association. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 38-49.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science*, 197, 792-795.
- Kutas, M., & Van Petten, C. (1988). Event-related potential studies of language. In P. K. Ackles, J. R. Jennings, & M. G. H. Coles (Hrsg.), *Advances in Psychophysiology* (S. 285-314). Greenwich, CT: JAI Press.
- LaBerge, D. (1997). Attentional awareness and the triangular circuit. *Consciousness & Cognition*, 6, 149-181.
- Lambert, A. J., Beard, C. T., & Thompson, R. J. (1988). Selective attention, visual laterality, awareness, and perceiving the meaning of parafoveally presented words. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 615-652.

- Lavigne-Tomps, F., & Vitu, F. (1997). Time course of facilitatory and inhibitory semantic priming effects in visual word recognition. *International Journal of Psycholinguistics*, 13, 311-349.
- Lawrence, D. H. (1971). Two studies of visual search for word targets with controlled rates of presentation. *Perception & Psychophysics*, 10, 85-89.
- Leuthold, H., & Kopp, B. (1998). Mechanisms of priming by masked stimuli. *Psychological Science*, 9, 263-269.
- Lewis, J. L. (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 225-228.
- Lorch, R. F., Balota, D. A., & Stamm, E. G. (1986). Locus of inhibition effects in priming of lexical decisions: Pre- or postlexical access. *Memory & Cognition*, 14, 95-103.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (1990). Electrophysiological evidence for parallel and serial processing during visual search. *Perception & Psychophysics*, 48, 603-617.
- Luck, S. J., Vogel, E. K., & Shapiro, K. L. (1996). Word meanings can be accessed but not reported during the attentional blink. *Nature*, 383, 616-618.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrated review. *Psychological Bulletin*, 109, 163-203.
- Magliero, A., Bashore, T. R., Coles, M. G., & Donchin, E. (1984). On the dependence of P300 latency on stimulus evaluation. *Psychophysiology*, 21, 171-186.
- Maki, W. S., Couture, T., Frigen, K., & Lien, D. (1997). Sources of the attentional blink during rapid serial visual presentation: Perceptual interference and retrieval competition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1393-1411.
- Maki, W. S., Frigen, K., & Paulson, K. (1997). Associative priming by targets and distractors during rapid serial visual presentation: Does word meaning survive the attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1014-1034.
- Maki, W. S., & Padmanabhan, G. (1994). Transient suppression of processing during rapid serial visual presentation: Acquired distinctiveness of probes modulates the attentional blink. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 499-504.
- Marcel, A. J. (1983). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, 15, 197-237.
- Marí-Beffa, P., Fuentes, L. J., Catena, A., & Houghton, G. (2000). Semantic priming in the prime task effect: Evidence of automatic semantic processing of distractors. *Memory & Cognition*, 28, 635-647.
- Marí-Beffa, P., Houghton, G., Estevenz, A. F., & Fuentes, L. J. (2000). Word-based grouping affects the prime-task effect on semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26, 469-479.
- Masson, M. E. (1991). A distributed memory model of context effects in word identification. In D. Besner, & G. W. Humphreys (Hrsg.), *Basic processes in reading: Visual word recognition* (S. 233-263). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Masson, M. E. (1995). A distributed memory model of semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 21, 3-23.
- Maxfield, L. (1997). Attention and semantic priming: A review of prime task effects. *Consciousness and Cognition*, 6, 204-218.
- McAuliffe, S. P., & Knowlton, B. J. (2000). Dissociating the effects of featural and conceptual interference on multiple target processing in rapid serial visual presentation. *Perception & Psychophysics*, 62, 187-195.
- McCarthy, G., & Donchin, E. (1981). A metric of thought: A comparison of P300 latency and reaction time. *Science*, 211, 77-80.

- McCarthy, G., & Nobre, A. C. (1993). Modulation of semantic processing by spatial selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 88, 210-219.
- McCauley, C., Parmelee, C. M., Sperber, R. D., & Carr, T. H. (1980). Early extraction of meaning from pictures and its relation to conscious identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 265-276.
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1992). Spreading activation versus compound cue accounts of priming: Mediated priming revisited. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1155-1172.
- McLaughlin, E. N., Shore, D. I., & Klein, R. M. (2001). The attentional blink is immune to masking-induced data limits. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 169-196.
- McLean, J. P., Broadbent, D. E., & Broadbent, M. P. (1982). Combining attributes in rapid serial visual presentation task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 171-186.
- McNamara, (1992). Theories of priming. 1. Associative distance and lag. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition*, 18, 1173-1190.
- Mecklinger, A., Kramer, A. F., & Strayer, D. L. (1992). Event related potentials and EEG components in a semantic memory search task. *Psychophysiology*, 29, 104-119.
- Merikle, P. M., & Daneman, M. (2000). Conscious vs. unconscious perception. In M. S. Gazzaniga (Hrsg.), *The new cognitive neurosciences* (2nd ed., S. 1295-1303). Cambridge: MIT Press.
- Merikle, P. M., & Joordens, S. (1997). Parallels between perception without attention and perception without awareness. *Consciousness and Cognition*, 6, 219-236.
- Merikle, P. M., Smilek, D., & Eastwood, J. D. (2001). Perception without awareness: Perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79, 115-134.
- Meyer, D.E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognized pairs of words: Evidence of a dependence between retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, 90, 227-234.
- Meyer, D. E., Schvaneveldt, R. W., & Ruddy, M. G. (1975). Loci of contextual effects on visual word recognition. In P. M. Rabbit, & S. Dornic (Hrsg.), *Attention and Performance V* (S. 98-118). New York: Academic Press.
- Milliken, B., Joordens, S., Merikle, P. M., & Seiffert, A. E. (1998). Selective attention: A reevaluation of the implications of negative priming. *Psychological Review*, 105, 203-229.
- Milliken, B., & Tipper, S. P. (1998). Attention and Inhibition. In H. Pashler (Hrsg.), *Attention* (S. 191-221). Hove: Psychological Press.
- Mozer, M. C. (1983). Letter migration in word perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 531-546.
- Münste, T. F., Heinze, H.-J., & Prevedel, H. (1990). Ereigniskorrelierte Hirnrindenpotentiale reflektieren semantische und syntaktische Fehler bei der Sprachverarbeitung. *Zeitschrift für EEG und EMG und verwandte Gebiete*, 21, 75-81.
- Neely, J. H. (1976). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Evidence for facilitatory and inhibitory processes. *Memory & Cognition*, 4, 648-654.
- Neely, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 226-254.
- Neely, J. H. (1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and theories. In D. Besner, & G. W. Humphreys (Hrsg.), *Basic processes in reading* (S. 264-336). Erlbaum: Hillsdale.

- Neely, J. H., & Kahan, T. (2001). Is semantic activation automatic? A critical re-evaluation. In H. L. Roedinger, J. S. Nairne, I. Neath, & A. M. Surprenant (Hrsg.), *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder* (S. 69-93). Washington, DC: American Psychological Association.
- Neely, J. H., & Keefe, D. E. (1989). Semantic context effects on visual word processing: A hybrid prospective/retrospective processing theory. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, Vol 24* (S. 207-248). New York: Academic Press.
- Neely, J. H., Keefe, D. E., & Ross, K. L. (1989). Semantic priming in the lexical decision task: Roles of prospective prime-generated expectancies and retrospective semantic matching. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1003-1019.
- Neumann, E., Cherau, J. F., Hood, K. L., Steinnagel, S. L. (1993). Does inhibition spread in a manner analogous to spreading activation? *Memory*, 1, 81-105.
- Neumann, E., & Klotz, W. (1994). Motor responses to nonreportable, masked stimuli: Where is the limit of direct parameter specification? In C. Umiltà & M. Moskovitch (Hrsg.), *Attention and Performance XV* (S. 123-150). Cambridge: MIT Press.
- Neville, H. (1985). Biological constraints on semantic processing: A comparison of spoken and signed languages. *Psychophysiology*, 22, 576.
- Neville, H., Kutas, M., Chesney, G., & Schmidt, A. L. (1986). Event-related brain potentials during initial encoding and recognition memory of congruous and incongruous words. *Journal of Memory and Language*, 25, 75-92.
- Nolan, K. A., & Caramazza, A. (1982). Unconscious perception of meaning: A failure to replicate. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 20, 23-26.
- Okita, T., & Jibu, T. (1998). Selective attention and N400 attenuation with spoken word repetition. *Psychophysiology*, 35, 260-271.
- Okita, T., Wijers, A. A., Mulder, G., & Mulder, L. J. (1985). Memory-search and visual spatial attention: An event-related brain potential analysis. *Acta Psychologica*, 60, 263-292.
- Ortells, J. J., Abad, M. J., Noguera, C., & Lupiáñez, J. (2001). Influence of prime probe stimulus onset asynchrony and prime precuing manipulations on semantic priming effects with words in a lexical-decision task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27, 75-91.
- Ortells, J. J., & Tudela, P. (1996). Positive and negative semantic priming of attended and unattended parafoveal words in a lexical decision task. *Acta Psychologica*, 94, 209-226.
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1995). Event-related potentials and language comprehension. In M. D. Rugg, & M. G. Coles (Hrsg.), *Electrophysiology of mind* (S. 171-215). Oxford: Oxford University Press.
- Otten, L. J., Rugg, M. D., & Doyle, M. C. (1993). Modulation of event-related potentials by word repetition: The role of visual selective attention. *Psychophysiology*, 30, 559-571.
- Paller, K. A. (1990). Recall and stem-completion priming have different electrophysiological correlates and are modified differentially by directed forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 1021-1032.
- Paller, K. A., Kutas, M., & Mayes, A. R. (1987). Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 67, 360-371.
- Park, J., & Kanwisher, N. (1994). Determinants of repetition blindness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 500-519.
- Pashler, H. (1993). Dual-task interference and elementary mental mechanisms. In D. E. Meyer, & S. Kornblum (Hrsg.), *Attention and Performance XIV: Synergies in experimental psychology, artificial intelligence, and cognitive neuroscience* (S. 245-264). Cambridge, MIT Press.

- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116, 220-244.
- Perea, M., & Gotor, A. (1997). Associative and semantic priming effects occur at very short stimulus-onset asynchronies in lexical decision and naming. *Cognition*, 62, 223-240.
- Peterson, R. R., & Simpson, G. B. (1989). Effect of backward priming on word recognition in single-word and sentence contexts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1020-1032.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. (1975a). Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P. M. Rabbitt, & S. Dornic (Hrsg.), *Attention and performance V* (S. 669-682). New York: Academic Press.
- Posner, M. I., & Snyder, C. R. (1975b). Attention and cognitive control. In R. L. Solso (Hrsg.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium* (S. 55-85). Erlbaum: Hillsdale.
- Postman, L., & Phillips, L. W. (1965). Short-term temporal changes in free-recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 17, 132-138.
- Potter, M. C., Chun, M. M., Banks, B. S., & Muckenhoupt, M. (1998). Two attentional deficits in serial target search: The visual attentional blink and an amodal task-switch deficit. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 979-992.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin*, 89, 506-540.
- Ragot, R. (1984). Perceptual and motor space representation: An event-related potential study. *Psychophysiology*, 21, 159-170.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1981). Does activation really spread? *Psychological Review*, 88, 385-408.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1988). A retrieval theory of priming in memory. *Psychological Review*, 95, 385-408.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1995). Similarity determines the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 21, 653-662.
- Reeves, A., & Sperling, G. (1986). Attentional gating in short-term visual memory. *Psychological Review*, 93, 180-206.
- Rösler, F., & Heil, M. (1998). Kognitive Psychophysiology. In F. Rösler (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie* (S. 165-224). Göttingen: Hogrefe.
- Rösler, F., Streb, J., & Haan, H. (2001). Event-related potentials evoked by verbs and nouns in a primed lexical decision task. *Psychophysiology*, 38, 694-703.
- Rolke, B., Heil, M., Streb, J., & Hennighausen, E. (2001). Missed prime words within the attentional blink evoke an N400 semantic priming effect. *Psychophysiology*, 38, 165-174.
- Rolke, B., Heil, M., & Wenning, M. (2002). Elektrophysiologische Bahnungskorrelate der unaufmerksamen Störwortverarbeitung. In M. Baumann, A. Keinath, J. F. Krems (Hrsg.), *Experimentelle Psychologie* (S. 189). Regensburg: Roderer.
- Ross, N. E., & Jolicoeur, P. (1999). Attentional blink for color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1483-1494.
- Roth, G. (2000). Die Evolution von Geist und Bewußtsein. In N. Elsner, & G. Lürer (Hrsg.), *Das Gehirn und sein Geist* (S. 167-188). Göttingen: Wallstein Verlag.
- Rugg, M. (1990). Event-related brain potentials dissociate repetition effects of high- and low-frequency words. *Memory & Cognition*, 18, 367-379.

- Sauk, J. (2002). *Identische und semantische Bahnung im Kontext der Letter-Search-Aufgabe*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Marburg.
- Scherg, M. & Picton, T. W. (1991). Separation and identification of event-related potential components by brain electrical source analysis. In C. H. Brunia, G. Mulder, & M. N. Verbaten (Hrsg.), *Event-related brain research, EEG Suppl.* 42 (S. 24-37). Amsterdam: Elsevier.
- Schvaneveldt, R. W., & McDonald, J. E. (1981). Semantic context and the encoding of words: Evidence for two modes of stimulus analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 673-687.
- Seidenberg, M., Waters, G., Sanders, M., & Langer, P. (1984). Pre- and postlexical loci of contextual effects on word recognition. *Memory & Cognition*, 12, 315-328.
- Seiffert, A. E., & Di Lollo, V. (1997). Low-level masking in the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1061-1073.
- Shaffer, W. O., & LaBerge, D. (1979). Automatic semantic processing of unattended words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 413-426.
- Shapiro, K. L. (1994). The attentional blink: The brain's "eyeblink". *Current Directions in Psychological Science*, 3, 86-89.
- Shapiro, K., Arnell, K., & Raymond, J. E. (1997). The attentional blink. *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 291-296.
- Shapiro, K. L., Caldwell, J., & Sorensen, R. E. (1997). Personal names and the attentional blink: A visual "cocktail party" effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 504-514.
- Shapiro, K., Driver, J., Ward, R., & Sorensen, R. E. (1997). Priming from the attentional blink: A failure to extract visual tokens but not visual types. *Psychological Science*, 8, 95-100.
- Shapiro, K., L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 357-371.
- Shelton, J. R., & Martin, R. C. (1992). How semantic is automatic semantic priming? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 1191-1210.
- Singer, W. (2000). Vom Gehirn zum Bewußtsein. In N. Elsner, & G. Lürer (Hrsg.), *Das Gehirn und sein Geist* (S. 189-204). Göttingen: Wallstein Verlag.
- Smid, H. G., Mulder, G., Mulder, L. J., & Brands, G. J. (1992). A psychophysiological study of the use of partial information in stimulus-response translation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1101-1119.
- Smith, D. B., Donchin, E., Cohen, L., & Starr, A. (1970). Auditory averaged evoked potentials in man during selective binaural listening. *Electroencephalography and Clinical Neuropsychology*, 28, 146-152.
- Smith, M. C. (1979). Context facilitation in a letter search task depends on how the prime is processed. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 5, 239-251.
- Smith, M. C., Besner, D., & Miyoshi, H. (1994). New limits to automaticity: Context modulates semantic priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 104-115.
- Smith, M. C., & Groen, M. (1974). Evidence for semantic analysis of unattended verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 595-603.
- Smith, M. C., Theodor, L., & Franklin, P. E. (1983). The relationship between contextual facilitation and depth of processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 9, 697-712.
- Smith, M. E., & Halgren, E. (1987). Event-related potentials during lexical decision: Effects of repetition, word frequency, pronounceability, and concreteness. In R. Johnson, J. W. Rohrbaugh, & R.

- Parasuraman (Hrsg.), *EEG Suppl: 40. Current trends in event-related potential research* (S. 417-421). Amsterdam: Elsevier.
- Squires, K. C., Donchin, E., Herning, R. I., & McCarthy, G. (1977). On the influence of task relevance and stimulus probability on event-related potential components. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 42, 1-14.
- Stenberg, G., Lindgren, M., Johansson, M., Olsson, A., & Rosén, I. (2000). Semantic processing without conscious identification: Evidence from event-related potentials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 973-1004.
- Stolz, J. A., & Besner, D. (1996). The role of set in visual word recognition: Activation and activation blocking as non-automatic processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22, 1166-1177.
- Stolz, J. A., & Besner, D. (1997). Visual word recognition: Effort after meaning but not (necessarily) meaning after effort. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1314-1322.
- Stolz, J. A., & Besner, D. (1998). Levels of representation in visual word recognition: A dissociation between semantic and morphological processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1642-1655.
- Strayer, D. L., & Kramer, A. F. (1990). Attentional requirements of automatic and controlled processing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 67-82.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 243-245.
- Stuss, D. T., Picton, T. W., & Cerri, A. M. (1988). Electrophysiological manifestations of typicality judgment. *Brain and Language*, 33, 260-272.
- Subramaniam, S., Biederman, I., & Madigan, S. (2000). Accurate identification but no priming and chance recognition memory for pictures in RSVP sequences. *Visual Cognition*, 7, 511-535.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Sutton, S., Tueting, P., Zubin, J., & John, E. R. (1967). Information delivery and the sensory evoked potential. *Science*, 155, 1436-1439.
- Taylor, T. L., & Hamm, J. (1997). Category effects in temporal visual search. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 36-46.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 517-590.
- Tipper, S. P., & Driver, J. (1988). Negative priming between pictures and words: Evidence for semantic analyses of ignored stimuli. *Memory & Cognition*, 16, 64-70.
- Tipper, S. P., Weaver, B., Jerreat, L. M., & Burak, R. L. (1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 478-499.
- Treisman, A. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- Treisman, A. (1964). Verbal cues, language and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 77, 206-219.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A., & Schmith, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14, 107-141.

- Treisman, A., Squire, R., & Green, J. (1974). Semantic processing in dichotic listening? A replication. *Memory & Cognition*, 2, 641-646.
- Tweedy, J. R., Lapinski, R. H., & Schvaneveldt, R. W. (1977). Semantic-context effects on word recognition: Influence of varying the proportion of items in an appropriate context. *Memory & Cognition*, 5, 84-89.
- Tzelgov, E., Porat, Z., & Henik, A. (1997). Automaticity and consciousness. Is perceiving the word necessary for reading it? *American Journal of Psychology*, 110, 429-448.
- Underwood, G. (1976). Semantic interference from unattended printed words. *British Journal of Psychology*, 67, 327-338.
- Underwood, G. (1977). Contextual facilitation from attended and unattended messages. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 99-106.
- Underwood, G. (1981). Lexical recognition of embedded unattended words: Some implications for reading processes. *Acta Psychologica*, 47, 267-283.
- Van Petten, C., Kutas, M., Kluender, R., Mitchiner, M., & McIsaac, H. (1991). Fractionating the word repetition effect within event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 131-150.
- Verleger, R. (1988). Event-related potentials and cognition: A critique of the context updating hypothesis and an alternative interpretation of P3. *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 343-427.
- Verleger, R. (1997). On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology*, 34, 131-156.
- Vogel, E. K., Luck, S. J., & Shapiro, K. L. (1998). Electrophysiological evidence for a postperceptual locus of suppression during the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1656-1674.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1996). The slow time-course of visual attention. *Cognitive Psychology*, 30, 79-109.
- Ward, R., Duncan, J., & Shapiro, K. (1997). Effects of similarity, difficulty, and nontarget presentation on the time course of visual attention. *Perception & Psychophysics*, 59, 593-600.
- Watter, S., Geffen, G. M., & Geffen, L. B. (2001). The *n*-back as a dual task: P300 morphology under divided attention. *Psychophysiology*, 38, 998-1003.
- Weichselgartner, E., & Sperling, G. (1987). Dynamics of automatic and controlled visual attention. *Science*, 238, 778-780.
- Weisbrod, M., Kiefer, M., Winkler, S., Maier, S., Hill, H., Roesch-Ely, D., & Spitzer, M. (1999). Electrophysiological correlates of direct versus indirect semantic priming in normal volunteers. *Cognitive Brain Research*, 8, 289-298.
- Wijers, A. A., Okita, T., Mulder, L. J., Lorient, M. M., Poiesz, R., & Scheffers, M. K. (1987). Visual search and spatial attention: ERPs in focused and divided attention conditions. *Biological Psychology*, 25, 33-60.
- Willows, D. M., & MacKinnon, G. E. (1973). Selective reading: Attention to the "unattended lines". *Canadian Journal of Psychology*, 27, 292-304.
- Wood, C. C. (1987). Generators of event-related potentials. In A. M. Halliday, S. R. Butler, & R. Paul (Hrsg.), *A textbook of clinical neurophysiology* (S. 535-567). New York: Wiley.
- Yamagata, S., Yamaguchi, S., & Kobayashi, S. (2000). Event-related evoked potential study of repetition priming to attended and unattended words. *Cognitive Brain Research*, 10, 167-171.

- Yee, P. L. (1991). Semantic inhibition of ignored words during a figure classification task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 127-153.
- Zuvic, S. M., Visser, T. A., & Di Lollo, V. (2000). Direct estimates of processing delays in the attentional blink. *Psychological Research*, 63, 192-198.

6 Anhang

Experiment (1)

- (a) Wortmaterial
- (b) Ergebnisse der Varianzanalysen

Experiment (2)

- (a) Wortmaterial
- (b) Ergebnisse der Varianzanalysen

Experiment (3)

- (a) Wortmaterial
- (b) Ergebnisse der Varianzanalysen

Experiment (4)

- (a) Wortmaterial
- (b) Ergebnisse der Varianzanalysen

Wortmaterial Experiment (1)

Distraktoren

ZITAT	NIXE	LEIM	PFOSTEN
HAUT	VERRAT	ABFALL	RÜCKEN
BONBON	MONSTER	SCHERZ	SALTO
BENZIN	TAFEL	RESPEKT	IRRTUM
ZENSUR	MOMENT	AUSWEIS	LOHN
BILDUNG	RÄTSEL	PFANNE	MIETE

erste Zielworte (Target 1)

SILBER	SUPPE	TEUFEL	STICH
SCHAM	SALBE	DUSCHE	KNOCHEN
FLIESE	DRECK	SÜNDE	WÖLBUNG
KLAUE	PEDAL	KISSEN	LOCH
ZWERG	HAGEL	FLEISCH	TURM
KOFFER	SCHERBE	RUHM	GIFT

zweite Zielworte (Primes)

BROT	KUCHEN	QUALM	HAUCH
NEBEL	SCHAUER	KISTE	BÜCHSE
HANF	SEIL	KORN	HUHN
ALTAR	DOM	KNOPF	JACKE
RITTER	SCHWERT	SCHLAMM	SUMPF
MAIS	ACKER	PILZ	GEWÄCHS
BORSTE	PELZ	MAGD	DIENER
KANNE	BECHER	ZAPFEN	LAUB
SEE	KÜSTE	KUGEL	ERDBALL
HIRSCH	GEWEHR	PROFIL	KONTUR
MODE	BRAUCH	BURSCHE	KERL
FAHRT	REISE	GRIEß	BREI

dritte Zielworte (Probes)

TORTE	ATEM	REGEN	DOSE
STRICK	HENNE	KIRCHE	MANTEL
DEGEN	MOOR	FELD	PFLANZE
FELL	SKLAVE	GLAS	BLATT
STRAND	GLOBUS	FLINTE	UMRISS
SITTE	MANN	URLAUB	PÜREE

Tabelle 1 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielworte. Worte: Haupteffekt Zielwort, T1 – T2: Kontrast Target 1 – Prime, T1 - T3: Kontrast Target 1 – Probe, T2 – T3: Kontrast Prime – Probe. Zur besseren Übersichtlichkeit sind signifikante ($p(F) < 0.05$) Ergebnisse hier und weiterhin grau hervorgehoben.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Wort	2	22	3461.84	122.35	28.30	.0001
T1 – T2	1	11	12933.09	412.25	31.37	.0002
T1 – T3	1	11	941.02	134.15	7.01	.0226
T2 – T3	1	11	6896.92	187.69	36.75	.0001

Tabelle 2 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung (E) der Probes in Abhängigkeit von der Assoziiertheit des Probes (Ass) zum vorangegangenen Prime.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Erkennung	1	11	1704.11	80.22	21.24	.0008
Assoziiertheit	2	22	62.08	26.43	2.35	.1190
E * Ass	2	22	413.60	69.87	5.92	.0088

Tabelle 3 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes für *erkannte* Primes. Zusätzlich sind die Kontraste zwischen den drei Assoziationsstufen (nicht, schwach, stark assoziiert) dargestellt.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiertheit	2	22	328.61	62.63	5.25	.0137
nicht – schwach	1	11	464.63	93.77	4.96	.0479
Nicht - stark	1	11	1297.71	135.04	9.61	.0101
schwach - stark	1	11	209.33	146.95	1.42	.2578

Tabelle 4 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes für *nicht erkannte* Primes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiertheit	2	22	147.05	33.67	4.37	.0253
nicht – schwach	1	11	0.03	74.02	0.00	.9833
nicht- stark	1	11	437.30	82.28	5.31	.0416
schwach- stark	1	11	445.06	45.72	9.73	.0097

Tabelle 5 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Erkennung (E): Erkennung des Primes (erkannt – nicht erkannt). Um eine mögliche Beeinflussung der P300 durch die Assoziation (Ass) einzuschätzen, wurde dieser Faktor (nicht, schwach, stark assoziiert) mit in der Analyse berücksichtigt.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	187	84.58	11.92	7.10	.0038
Erkennung	1	11	58.36	23.30	2.50	.1418
Assoziation	2	22	8.72	21.49	0.41	.6492
Ab * E	17	187	2.49	0.58	4.27	.0034
Ab * Ass	34	374	2.10	1.69	1.24	.2717
E * Ass	2	22	4.91	24.02	0.20	.7815
Ab * E * Ass	34	374	1.38	1.98	0.70	.6384

Tabelle 6 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Erkennung des Primes mit den Freiheitsgraden 1 (Effekt) zu 11 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	1.74	1.24	1.40	.2615
F7	0.12	0.57	0.20	.6630
F3	3.33	1.44	2.31	.1571
Fz	10.54	1.88	5.61	.0373
F4	3.38	2.01	1.68	.2208
F8	0.25	1.30	0.19	.6719
T3	0.01	0.52	0.02	.8896
C3	3.21	1.89	1.70	.2183
Cz	19.24	3.51	5.48	.0391
C4	8.80	2.25	3.91	.0735
T4	0.00	0.71	0.01	.9409
T5	0.61	0.99	0.62	.4487
P3	10.62	2.33	4.55	.0563
Pz	15.05	3.33	4.53	.0568
P4	17.35	3.13	5.55	.0380
T6	0.16	2.11	0.08	.7865
O1	5.17	1.38	3.76	.0787
O2	1.15	2.65	0.43	.5234

Tabelle 7 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Erkennung (E): Erkennung des Primes (erkannt – nicht erkannt), Assoziation (Ass): Probe zu Prime nicht, schwach oder stark assoziiert.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	187	128.21	10.48	12.24	.0001
Erkennung	1	11	540.10	47.22	11.44	.0061
Assoziation	2	22	347.37	26.24	13.24	.0002
Ab * E	17	187	6.93	2.74	2.53	.0437
Ab * Ass	34	374	5.61	1.49	3.78	.0014
E * Ass	2	22	59.78	19.93	3.00	.0799
Ab * E * Ass	34	374	1.84	1.99	0.93	.4718

Tabelle 8 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Erkennung (E) des Primes mit den Freiheitsgraden 1 (Effekt) und 11 (Fehler), den Faktor Assoziation (Ass) des Probes mit dem Prime mit den Freiheitsgraden 2 (Effekt) und 22 (Fehler) und die Interaktion der Faktoren (E * Ass) mit den Freiheitsgraden 2 (Effekt) und 22 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Effekt	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
Fpz	E	1.89	2.15	0.88	.3690
	Ass	5.78	3.16	1.83	.1901
	E * Ass	1.25	4.69	0.27	.7293
F7	E	4.40	3.99	1.10	.3161
	Ass	6.06	3.22	1.88	.1823
	E * Ass	2.42	2.86	0.85	.4261
F3	E	20.65	2.98	6.92	.0234
	Ass	14.60	4.89	2.98	.0714
	E * Ass	2.57	3.41	0.76	.4816
Fz	E	30.78	5.09	6.04	.0318
	Ass	35.16	3.92	8.96	.0014
	E * Ass	4.33	4.18	1.04	.3718
F4	E	11.84	3.02	3.92	.0732
	Ass	13.64	2.38	5.72	.0107
	E * Ass	1.32	3.10	0.43	.5897

Fortsetzung *Tabelle 8 Anhang.*

Ableitort	Effekt	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
F8	E	0.01	2.44	0.01	.9420
	Ass	1.95	2.50	0.78	.4714
	E * Ass	0.32	3.69	0.09	.8490
T3	E	28.35	3.22	8.81	.0128
	Ass	7.90	2.06	3.83	.0568
	E * Ass	0.93	3.24	0.29	.7527
C3	E	66.87	4.64	14.40	.0030
	Ass	27.98	4.28	6.54	.0059
	E * Ass	7.09	3.87	1.83	.1839
Cz	E	57.51	6.44	8.92	.0124
	Ass	43.12	4.76	9.06	.0019
	E * Ass	23.93	4.29	5.57	.0110
C4	E	39.02	6.34	6.15	.0305
	Ass	25.66	2.76	9.29	.0012
	E * Ass	6.42	1.75	3.68	.0419
T4	E	8.28	2.04	4.04	.0696
	Ass	2.10	1.19	1.76	.2030
	E * Ass	0.09	0.59	0.15	.8598
T5	E	36.70	1.38	26.69	.0003
	Ass	13.86	0.84	16.58	.0001
	E * Ass	3.20	1.71	1.87	.1965
P3	E	69.18	5.17	13.38	.0038
	Ass	30.51	2.05	14.86	.0001
	E * Ass	4.51	2.43	1.86	.1856
Pz	E	94.97	8.81	10.77	.0073
	Ass	51.43	3.44	14.93	.0003
	E * Ass	13.78	2.90	4.75	.0203
P4	E	61.00	11.89	5.13	.0447
	Ass	69.46	4.29	16.21	.0001
	E * Ass	10.11	4.06	2.49	.1143
T6	E	51.80	9.32	5.56	.0380
	Ass	29.33	2.48	11.82	.0010
	E * Ass	2.56	1.89	1.36	.2781
O1	E	45.57	7.93	5.75	.0354
	Ass	37.42	1.74	21.52	.0001
	E * Ass	4.92	3.01	1.63	.2179
O2	E	29.04	6.94	4.19	.0654
	Ass	26.81	1.52	17.60	.0001
	E * Ass	1.37	2.06	0.67	.5240

Tabelle 9 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich im Fall der *erkannten* Primes. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Assoziation (Ass): Probe zu Prime nicht, schwach oder stark assoziiert.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	187	42.05	6.89	6.10	.0001
Assoziation	2	22	334.39	35.82	9.33	.0012
Ab * Ass	34	374	5.44	2.00	2.71	.0166

Tabelle 10 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich im Fall der *erkannten* Primes für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Assoziation des Probes mit dem Prime mit den Freiheitsgraden 2 (Effekt) und 22 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	5.35	4.04	1.32	.2863
F7	8.07	4.86	1.66	.2233
F3	14.30	5.19	2.76	.1002
Fz	26.48	5.54	4.78	.0285
F4	10.53	3.72	2.83	.0866
F8	1.44	4.32	0.33	.6977
T3	6.87	3.39	2.02	.1756
C3	28.79	6.33	4.55	.0244
Cz	59.66	6.30	9.47	.0022
C4	24.90	3.25	7.66	.0030
T4	1.47	1.30	1.13	.3400
T5	14.51	1.91	7.58	.0092
P3	26.67	3.17	8.40	.0053
Pz	55.20	4.58	12.06	.0009
P4	63.94	5.20	12.29	.0008
T6	24.61	2.23	11.03	.0005
O1	33.93	2.66	12.74	.0002
O2	20.15	1.90	10.60	.0006

Tabelle 11 Anhang. Ergebnisse der Kontraste der drei Assoziationsbedingungen im Fall der *erkannten* Primes für den N400 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Alle Kontraste haben die Freiheitsgrade 1 (Effekt) und 11 (Fehler).

Ableitort	Kontrast	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
Fpz	nicht – schwach	20.90	6.54	3.20	.1013
	nicht – stark	8.41	12.20	0.69	.4242
	schwach – stark	2.78	5.53	0.51	.4917
F7	nicht – schwach	22.65	7.23	3.13	.1043
	nicht – stark	25.66	17.68	1.45	.2536
	schwach – stark	0.09	4.24	0.02	.8845
F3	nicht – schwach	41.09	9.97	4.12	.0672
	nicht – stark	44.64	16.21	2.75	.1252
	schwach – stark	0.07	4.94	0.01	.9052
Fz	nicht – schwach	59.58	13.57	4.39	.0601
	nicht – stark	95.14	15.50	6.14	.0307
	schwach – stark	4.14	4.19	0.99	.3415
F4	nicht – schwach	24.12	3.93	6.15	.0306
	nicht – stark	37.59	8.01	4.69	.0532
	schwach – stark	1.49	10.36	0.14	.7118
F8	nicht – schwach	5.65	4.41	1.28	.2815
	nicht – stark	0.84	9.46	0.09	.7715
	schwach – stark	2.14	12.03	0.18	.6815
T3	nicht – schwach	20.81	4.26	4.89	.0491
	nicht – stark	20.39	12.17	1.68	.2221
	schwach – stark	0.00	3.94	0.00	.9819
C3	nicht – schwach	28.34	8.04	3.52	.0873
	nicht – stark	115.15	18.10	6.36	.0284
	schwach – stark	29.24	11.82	2.47	.1441
Cz	nicht – schwach	60.19	5.51	10.93	.0070
	nicht – stark	238.63	17.35	13.76	.0034
	schwach – stark	59.12	14.94	3.96	.0721
C4	nicht – schwach	30.03	5.48	5.48	.0391
	nicht – stark	99.27	8.36	11.88	.0055
	schwach – stark	20.10	5.66	3.55	.0862
T4	nicht – schwach	4.18	2.34	1.78	.2086
	nicht – stark	4.63	1.86	2.49	.1425
	schwach – stark	0.01	3.58	0.00	.9560

Fortsetzung *Tabelle 11 Anhang.*

Ableitort	Kontrast	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
T5	nicht – schwach	27.57	1.15	24.06	.0005
	nicht – stark	54.84	4.39	12.49	.0047
	schwach – stark	4.64	5.95	0.78	.3961
P3	nicht – schwach	32.09	5.12	6.26	.0294
	nicht – stark	106.33	3.36	31.63	.0002
	schwach – stark	21.60	10.56	2.05	.1804
Pz	nicht – schwach	54.32	7.16	7.58	.0188
	nicht – stark	220.80	5.55	39.78	.0001
	schwach – stark	56.09	14.75	3.80	.0771
P4	nicht – schwach	51.45	8.71	5.91	.0334
	nicht – stark	254.88	5.85	43.56	.0001
	schwach – stark	77.30	16.65	4.64	.0542
T6	nicht – schwach	34.20	3.43	9.98	.0091
	nicht – stark	97.31	3.91	24.90	.0004
	schwach – stark	16.13	6.05	2.67	.1308
O1	nicht – schwach	66.28	3.66	18.13	.0013
	nicht – stark	127.41	5.08	25.06	.0004
	schwach – stark	9.90	7.24	1.37	.2669
O2	nicht – schwach	15.46	3.28	4.71	.0528
	nicht – stark	80.20	3.69	21.71	.0007
	schwach – stark	25.23	4.42	5.70	.0360

Tabelle 12 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich im Fall der *nicht erkannten* Primes. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Assoziation (Ass): Probe zu Prime nicht, schwach oder stark assoziiert.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	187	93.09	6.33	14.70	.0001
Assoziation	2	22	72.77	10.35	7.03	.0044
Ab * Ass	34	374	2.02	1.47	1.37	.2335

Tabelle 13 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich im Fall der *nicht erkannten* Primes für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Assoziation des Probes mit dem Prime mit den Freiheitsgraden 2 (Effekt) und 22 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	1.68	3.81	0.44	.6168
F7	0.41	1.23	0.34	.6603
F3	2.87	3.11	0.92	.3856
Fz	13.02	2.57	5.07	.0250
F4	4.43	1.77	2.50	.1236
F8	0.83	1.88	0.44	.6476
T3	1.96	1.90	1.03	.3732
C3	6.28	1.82	3.45	.0764
Cz	7.38	2.75	2.69	.0904
C4	7.18	1.26	5.71	.0291
T4	0.72	0.48	1.48	.2507
T5	2.55	0.64	4.02	.0537
P3	8.35	1.31	6.40	.0064
Pz	10.01	1.77	5.66	.0104
P4	15.63	3.14	4.98	.0166
T6	7.28	2.14	3.41	.0518
O1	8.41	2.09	4.03	.0340
O2	8.03	1.68	4.78	.0210

Tabelle 14 Anhang. Ergebnisse der Kontraste der drei Assoziationsbedingungen im Fall der *nicht* *erkannten* Primes für den N400 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Alle Kontraste haben die Freiheitsgrade 1 (Effekt) und 11 (Fehler).

Ableitort	Kontrast	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
Fpz	nicht – schwach	4.83	4.91	0.98	.3429
	nicht – stark	0.01	5.99	0.00	.9693
	schwach – stark	5.26	11.94	0.44	.5206
F7	nicht – schwach	1.18	2.58	0.46	.5123
	nicht – stark	1.28	0.97	1.33	.2736
	schwach – stark	0.00	3.81	0.00	.9825
F3	nicht – schwach	11.01	6.65	1.66	.2245
	nicht – stark	5.10	2.09	2.44	.1468
	schwach – stark	1.12	9.95	0.11	.7432
Fz	nicht – schwach	51.17	4.33	11.81	.0056
	nicht – stark	19.33	2.73	7.08	.0222
	schwach – stark	7.60	8.33	0.91	.3600
F4	nicht – schwach	16.51	2.63	6.29	.0291
	nicht – stark	8.93	2.03	4.39	.0601
	schwach – stark	1.16	6.00	0.19	.6684
F8	nicht – schwach	1.40	2.83	0.49	.4971
	nicht – stark	0.37	3.76	0.10	.7583
	schwach – stark	3.22	4.66	0.69	.4238
T3	nicht – schwach	7.54	3.01	2.50	.1419
	nicht – stark	3.40	3.71	0.92	.3590
	schwach – stark	0.82	4.68	0.17	.6844
C3	nicht – schwach	21.83	3.99	5.47	.0393
	nicht – stark	15.28	0.94	16.27	.0020
	schwach – stark	0.58	5.99	0.10	.7608
Cz	nicht – schwach	29.46	4.82	6.12	.0309
	nicht – stark	6.11	4.76	1.28	.2811
	schwach – stark	8.73	6.92	1.26	.2852
C4	nicht – schwach	27.31	1.05	25.93	.0003
	nicht – stark	13.22	1.80	7.33	.0204
	schwach – stark	2.53	4.69	0.54	.4780
T4	nicht – schwach	1.46	0.94	1.56	.2371
	nicht – stark	2.66	0.52	5.12	.0449
	schwach – stark	0.18	1.44	0.12	.7326

Fortsetzung *Tabelle 14 Anhang.*

Ableitort	Kontrast	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
T5	nicht – schwach	0.66	0.46	1.44	.2556
	nicht – stark	9.51	2.14	4.44	.0588
	schwach – stark	5.16	1.21	4.24	.0638
P3	nicht – schwach	26.38	1.94	13.58	.0036
	nicht – stark	23.65	3.26	7.26	.0209
	schwach – stark	0.07	2.63	0.03	.8695
Pz	nicht – schwach	33.67	2.86	11.79	.0056
	nicht – stark	25.85	3.46	7.47	.0194
	schwach – stark	0.52	4.30	0.12	.7356
P4	nicht – schwach	33.25	3.73	8.91	.0124
	nicht – stark	57.29	7.96	7.20	.0213
	schwach – stark	3.25	7.16	0.45	.5144
T6	nicht – schwach	9.92	2.61	3.80	.0773
	nicht – stark	28.83	5.65	5.10	.0452
	schwach – stark	4.93	4.55	1.08	.3205
O1	nicht – schwach	7.64	5.42	1.41	.2599
	nicht – stark	33.61	4.75	7.08	.0221
	schwach – stark	9.20	2.36	3.90	.0740
O2	nicht – schwach	6.47	4.69	1.38	.2647
	nicht – stark	32.02	3.42	9.37	.0108
	schwach – stark	9.70	1.98	4.90	.0490

Reizmaterial Experiment (2)

Distraktoren

ZITAT	NIXE	LEIM	PFOSTEN
HAUT	VERRAT	ABFALL	RÜCKEN
BONBON	MONSTER	SCHERZ	SALTO
BENZIN	TAFEL	RESPEKT	IRRTUM
ZENSUR	MOMENT	AUSWEIS	LOHN
BILDUNG	RÄTSEL	PFANNE	MIETE

erste Zielworte (Primes)

KUCHEN	HAUCH	SCHAUER	BÜCHSE
SEIL	HUHN	DOM	JACKE
SCHWERT	SUMPF	ACKER	GEWÄCHS
PELZ	DIENER	BECHER	LAUB
KÜSTE	ERDBALL	GEWEHR	KONTUR
BRAUCH	KERL	REISE	BREI

zweite Zielreize (Zwischenreize)

SILBER	SUPPE	TEUFEL	STICH
SCHAM	SALBE	DUSCHE	KNOCHEN
FLIESE	DRECK	SÜNDE	WÖLBUNG
KLAUE	PEDAL	KISSEN	LOCH
ZWERG	HAGEL	FLEISCH	TURM
KOFFER	SCHERBE	RUHM	GIFT
AAAAAA	BBBBBB	CCCCCC	DDDDDD
EEEEEE	FFFFFF	GGGGGG	HHHHHH
IIIIII	JJJJJJ	KKKKKK	LLLLLL
MMMMMM	NNNNNN	OOOOOO	PPPPPP
<u>ZZZZZZ</u>	RRRRRR	SSSSSS	TTTTTT
UUUUUU	VVVVVV	WWWWWW	YYYYYY

dritte Zielworte (Probes)

TORTE	ATEM	REGEN	DOSE
STRICK	HENNE	KIRCHE	MANTEL
DEGEN	MOOR	FELD	PFLANZE
FELL	SKLAVE	GLAS	BLATT
STRAND	GLOBUS	FLINTE	UMRISS
SITTE	MANN	URLAUB	PÜREE

Tabelle 15 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielreize. Reiz: Haupteffekt Zielreiz (T1, T2, T3), Buwo: Art des Zwischenreizes (Buchstaben oder Worte als T2). Zur besseren Übersichtlichkeit sind signifikante ($p(F) < 0.05$) Ergebnisse hier und weiterhin grau hervorgehoben.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Reiz	2	28	1181.55	90.36	13.08	.0002
Buwo	1	14	130.32	38.83	3.36	.0883
Reiz * Buwo	2	28	184.94	26.15	7.07	.0090

Tabelle 16 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielreize. Reize (Bs): Haupteffekt Zielreiz für den Fall der Buchstaben als T2, Reize (Wo): Haupteffekt Zielreiz für den Fall der Worte als T2, T1 – T2: Kontrast Target 1 – Target 2 (Buchstaben bzw. Worte), T1 - T3: Kontrast Target 1 - Target 2, T2 (Bs)/(Wo)– T3: Kontrast Target 2 (Buchstaben oder Worte) – Target 3.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Reiz (Bs)	2	28	1139.10	65.87	17.29	.0002
T1 – T2	1	14	4024.57	190.66	21.11	.0004
T1 - T3	1	14	138.02	37.67	3.66	.0763
T2 – T3	1	14	2672.00	166.91	16.01	.0013
Reiz (Wo)	2	28	227.39	50.64	4.49	.0210
T1 - T2	1	14	890.89	138.79	6.42	.0239
T1 - T3	1	14	124.99	73.09	1.71	.2120
T2 - T3	1	14	348.49	91.94	3.79	.0719

Tabelle 17 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielreize unter den beiden Zwischenreizbedingungen. Reiz 1: Effekt der Art des Zwischenreizes für den ersten Zielreiz, Reiz 2: Effekt der Art des Zwischenreizes für den zweiten Zielreiz (Buchstaben oder Worte), Reiz 3: Effekt der Art des Zwischenreizes für den dritten Zielreiz.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Reiz 1	1	14	2.13	4.91	0.43	.5294
Reiz 2	1	14	496.95	77.55	6.41	.0240
Reiz 3	1	14	1.12	8.67	0.13	.7245

Tabelle 18 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes in Abhängigkeit von der Erkennung des Zwischenreizes (E), der Assoziiertheit des Probes (Ass) zum vorangegangenen Prime (Target 1) und in Abhängigkeit von der Art des Zwischenreizes (Buwo).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
E	1	14	2650.80	89.79	29.52	.0001
Ass	1	14	2526.34	154.94	16.31	.0012
Buwo	1	14	29.40	30.37	0.97	.3419
E * Ass	1	14	9.97	56.01	0.18	.6794
E * Buwo	1	14	165.68	58.26	2.84	.1139
Ass * Buwo	1	14	3.89	91.14	0.04	.8393
E * Ass *	1	14	6.17	88.09	0.07	.7952
Buwo						

Tabelle 19 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalysen der Erkennensleistung (E, erkannt - nicht erkannt) der Probes in Abhängigkeit von der Assoziiertheit des Probes (Ass) zum vorangegangenen Prime (Target 1) für den Fall der *erkannten* Zwischenreize. Zusätzlich wird der Faktor der Assoziiertheit für die *erkannten* Zwischenreize für den Fall der Buchstaben (Bu) oder Worte (Wo) als Zwischenreiz betrachtet.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ass	1	14	1426.91	102.03	13.99	.0022
Buwo	1	14	27.74	33.65	0.82	.3792
Ass * Buwo	1	14	0.13	64.71	0.00	.9648
Ass (Bu)	1	14	727.18	121.92	5.96	.0285
Ass (Wo)	1	14	699.87	44.82	15.62	.0014

Tabelle 20 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalysen der Erkennensleistung (E) der Probes in Abhängigkeit von der Assoziiertheit des Probes (Ass) zum vorangegangenen Prime (Target 1) für den Fall der *nicht erkannten* Zwischenreize. Zusätzlich wird der Faktor der Assoziiertheit für die *nicht erkannten* Zwischenreize für den Fall der Buchstaben (Bu) oder Worte (Wo) als Zwischenreiz betrachtet.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ass	1	14	1109.40	108.92	10.19	.0065
Buwo	1	14	167.33	54.98	3.04	.1030
Ass * Buwo	1	14	9.92	114.53	0.09	.7728
Ass (Bu)	1	14	454.74	87.60	5.19	.0389
Ass (Wo)	1	14	664.58	135.85	4.89	.0441

Tabelle 21 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Erkennung (E): Erkennung des Zwischenreizes (erkannt – nicht erkannt), Art des Zwischenreizes (Buwo): Worte oder Buchstaben. Um eine mögliche Beeinflussung der P300 durch die Assoziation (Ass) einzuschätzen, wurde dieser Faktor (nicht, stark assoziiert) mit in der Analyse berücksichtigt.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	238	912.24	59.88	15.23	.0001
Erkennung	1	14	1071.42	53.01	20.21	.0005
Assoziation	1	14	53.91	85.48	0.63	.4404
Buwo	1	14	906.72	67.95	13.34	.0026
Ab * E	17	238	11.26	4.67	2.41	.0435
Ab * Ass	17	238	2.12	4.26	0.50	.6993
E * Ass	1	14	2.75	75.25	0.04	.8510
Ab * Buwo	17	238	18.94	4.83	3.92	.0159
E * Buwo	1	14	69.51	47.25	1.47	.2452
Ass * Buwo	1	14	32.28	43.42	0.74	.4030
Ab * E * Ass	17	238	1.93	3.83	0.50	.7724
Ab * E * Buwo	17	238	2.37	2.72	0.87	.5115
Ab * Ass * Buwo	17	238	2.61	4.38	0.60	.5911
E * Ass * Buwo	1	14	23.47	52.64	0.45	.5151
Ab * E * Ass * Buwo	17	238	1.52	3.55	0.43	.8156

Tabelle 22 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Erkennung des Zwischenreizes mit den Freiheitsgraden 1 (Effekt) zu 14 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	33.80	2.25	15.00	.0017
F7	17.29	0.93	18.60	.0007
F3	63.41	2.79	22.74	.0003
Fz	73.00	6.83	10.69	.0056
F4	59.72	3.25	18.35	.0008
F8	11.37	1.29	8.82	.0101
T3	12.08	1.33	9.11	.0092
C3	48.03	1.84	26.11	.0002
Cz	59.74	6.82	8.76	.0104
C4	46.31	3.82	12.11	.0037
T4	3.92	1.00	3.93	.0674
T5	7.28	1.31	5.56	.0334

Fortsetzung *Tabelle 22 Anhang*.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
P3	50.47	2.46	20.51	.0005
Pz	51.12	6.30	8.13	.0128
P4	70.53	9.02	7.81	.0143
T6	8.32	4.55	1.83	.1977
O1	6.75	4.94	1.36	.2627
O2	8.20	5.41	1.52	.2386

Tabelle 23 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den P300 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor Art des Zwischenreizes (Buwo) mit den Freiheitsgraden 1 (Effekt) zu 14 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	26.29	3.43	7.66	.0151
F7	18.97	2.00	9.50	.0081
F3	62.06	6.42	9.67	.0077
Fz	82.27	6.77	12.15	.0036
F4	83.92	8.15	10.30	.0063
F8	42.35	4.94	8.58	.0110
T3	5.83	1.10	5.31	.0371
C3	38.08	2.29	16.66	.0011
Cz	81.74	3.68	22.19	.0003
C4	56.45	5.89	9.59	.0079
T4	13.88	1.90	7.29	.0172
T5	0.02	1.52	0.01	.9169
P3	21.32	2.51	8.49	.0113
Pz	36.90	5.34	6.91	.0198
P4	41.14	6.09	6.75	.0210
T6	0.78	2.47	0.31	.5843
O1	0.00	5.61	0.00	.9949
O2	2.34	4.91	0.48	.5011

Tabelle 24 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Erkennung (E): Erkennung des Zwischenreizes (erkannt – nicht erkannt), Art des Zwischenreizes (Buwo): Worte oder Buchstaben und Assoziation (Ass): semantische Assoziation zwischen Prime und Probe (nicht, stark assoziiert).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	238	47.77	27.58	1.73	.1835
Erkennung	1	14	682.12	142.20	4.80	.0459
Assoziation	1	14	281.20	57.65	4.88	.0444
Buwo	1	14	65.70	86.27	0.76	.3976
Ab * E	17	238	4.61	4.90	0.94	.4679
Ab * Ass	17	238	9.32	3.28	2.84	.0002
E * Ass	1	14	171.45	71.31	2.40	.1433
Ab * Buwo	17	238	3.82	4.26	0.90	.4618
E * Buwo	1	14	73.69	109.10	0.68	.4250
Ass * Buwo	1	14	3.10	29.00	0.11	.7488
Ab * E * Ass	17	238	2.41	2.89	0.84	.5330
Ab * E * Buwo	17	238	1.81	2.81	0.64	.6768
Ab * Ass * Buwo	17	238	4.10	1.90	2.16	.0371
E * Ass * Buwo	1	14	27.12	38.18	0.71	.4135
Ab * E * Ass * Buwo	17	238	1.78	2.24	0.79	.5744

Tabelle 25 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse für den N400 Zeitbereich für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor der semantischen Assoziation (Ass) zwischen Prime und Probe und für die Interaktion zwischen den beiden Faktoren Assoziiiertheit und Art des Zwischenreizes (Buchstaben oder Worte) mit jeweils den Freiheitsgraden 1 (Effekt) zu 14 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Effekt	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
Fpz	Ass	61.20	4.70	0.13	.7236
	Ass * Buwo	2.12	2.78	0.76	.3974
F7	Ass	0.96	4.67	0.21	.6566
	Ass * Buwo	8.52	3.22	2.64	.1263
F3	Ass	4.51	7.59	0.59	.4535
	Ass * Buwo	2.32	4.34	0.53	.4771
Fz	Ass	37.77	7.52	5.02	.0418
	Ass * Buwo	2.28	5.31	0.43	.5230
F4	Ass	20.47	8.15	2.51	.1354
	Ass * Buwo	0.58	4.48	0.13	.7245
F8	Ass	0.13	9.11	0.01	.9078
	Ass * Buwo	2.01	1.05	1.93	.1870

Fortsetzung *Tabelle 25 Anhang*.

Ableitort	Effekt	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler		
T3	Ass	0.90	3.19	0.28	.6039
	Ass * Buwo	4.09	2.60	1.57	.2306
C3	Ass	19.06	4.50	4.23	.0587
	Ass * Buwo	0.59	2.32	0.25	.6220
Cz	Ass	50.13	6.03	8.13	.0120
	Ass * Buwo	4.42	5.51	0.80	.3856
C4	Ass	46.68	8.57	5.45	.0350
	Ass * Buwo	2.43	2.23	1.09	.3146
T4	Ass	0.98	3.88	0.25	.6231
	Ass * Buwo	1.24	1.46	0.85	.3728
T5	Ass	6.79	2.50	2.72	.1214
	Ass * Buwo	0.13	1.96	0.07	.8012
P3	Ass	32.89	4.42	7.44	.0163
	Ass * Buwo	8.08	3.88	2.08	.1710
Pz	Ass	48.83	7.83	6.24	.0256
	Ass * Buwo	7.47	4.64	1.61	.2253
P4	Ass	84.82	13.77	6.16	.0264
	Ass * Buwo	4.88	7.59	0.64	.4364
T6	Ass	18.66	4.54	4.11	.0621
	Ass * Buwo	0.22	1.89	0.12	.7388
O1	Ass	38.03	6.37	5.97	.0284
	Ass * Buwo	9.96	3.14	3.17	.0966
O2	Ass	27.35	6.12	4.47	.0529
	Ass * Buwo	11.55	2.84	4.06	.0634

Tabelle 26 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse des N400 Zeitbereichs für den Fall der *erkannten* Zwischenreize. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Assoziation (Ass): Assoziation zwischen Prime und Probe (nicht assoziiert, stark assoziiert) und Zwischenreiz (Buwo): Art des Zwischenreizes (Buchstabenreihe oder Worte).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	238	17.56	16.68	1.05	.3643
Assoziation	1	14	445.90	63.25	7.05	.0188
Buwo	1	14	139.27	145.81	0.96	.3450
Ab * Ass	17	238	9.24	2.08	4.44	.0001
Ab * Buwo	17	238	2.77	3.40	0.81	.5451
Ass * Buwo	1	14	5.95	24.39	0.24	.6291
Ab * Ass * Buwo	17	238	3.57	1.79	1.99	.1000

Tabelle 27 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse des N400 Zeitbereichs für den Fall der *erkannten* Zwischenreize für die einzelnen Ableitorte. Es sind die Ergebnisse für den Faktor der Assoziiertheit zwischen Prime und Probe mit den Freiheitsgraden 1 (Effekt) zu 14 (Fehler) dargestellt.

Ableitort	Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler		
Fpz	0.37	3.34	0.11	.7436
F7	0.36	2.33	0.16	.6995
F3	12.79	7.47	1.71	.2118
Fz	36.50	4.87	7.49	.0161
F4	18.14	7.49	2.42	.1419
F8	0.57	5.40	0.11	.7500
T3	7.22	2.99	2.42	.1422
C3	32.90	4.54	7.25	.0175
Cz	76.48	7.06	10.83	.0054
C4	50.93	6.11	8.34	.0119
T4	4.13	2.64	1.57	.2312
T5	28.13	4.46	6.31	.0249
P3	44.19	4.58	9.65	.0077
Pz	76.14	8.89	8.57	.0110
P4	108.26	8.20	13.20	.0027
T6	25.59	5.20	4.91	.0438
O1	53.52	9.16	5.84	.0298
O2	26.76	3.91	6.85	.0203

Tabelle 28 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse des N400 Zeitbereichs für den Fall der *nicht erkannten* Zwischenreize. Ableitort (Ab): 18 Elektrodenpositionen, Assoziation (Ass): Assoziation zwischen Prime und Probe (nicht assoziiert, stark assoziiert) und Zwischenreiz (Buwo): Art des Zwischenreizes (Buchstabenreihe oder Worte).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ableitort	17	238	34.82	15.81	2.20	.0806
Assoziation	1	14	6.75	65.71	0.10	.7533
Buwo	1	14	0.11	49.56	0.00	.9623
Ab * Ass	17	238	2.49	4.09	0.61	.6860
Ab * Buwo	17	238	2.86	3.67	0.78	.5244
Ass * Buwo	1	14	24.26	42.79	0.57	.4639
Ab * Ass * Buwo	17	238	2.32	2.35	0.99	.4527

Wortmaterial Experiment (3)

Distraktoren

ZITAT	NIXE	LEIM	PFOSTEN
HAUT	VERRAT	ABFALL	RÜCKEN
BONBON	MONSTER	SCHERZ	SALTO
BENZIN	TAFEL	RESPEKT	IRRITUM
ZENSUR	MOMENT	AUSWEIS	LOHN
BILDUNG	RÄTSEL	PFANNE	MIETE

erste Zielworte (Target 1)

SILBER	SUPPE	TEUFEL	STICH
SCHAM	SALBE	DUSCHE	KNOCHEN
FLIESE	DRECK	SÜNDE	WÖLBUNG
KLAUE	PEDAL	KISSEN	LOCH
ZWERG	HAGEL	FLEISCH	TURM
KOFFER	SCHERBE	RUHM	GIFT
PENSION	SEELE	TON	HELM
BOSS	FEIER	ABSCHEU	LAMPE

zweite Zielworte (Primes)

KUCHEN	HAUCH	SCHAUER	BÜCHSE
SEIL	HUHN	DOM	JACKE
SCHWERT	SUMPF	ACKER	GEWÄCHS
PELZ	DIENER	BECHER	LAUB
KÜSTE	ERDBALL	GEWEHR	KONTUR
BRAUCH	KERL	REISE	BREI
BUTTER	FLUR	IDOL	VIOLINE
SPATEN	PECH	REGAL	POLITUR

dritte Zielworte (Probes)

TORTE	ATEM	REGEN	DOSE
STRICK	HENNE	KIRCHE	MANTEL
DEGEN	MOOR	FELD	PFLANZE
FELL	SKLAVE	GLAS	BLATT
STRAND	GLOBUS	FLINTE	UMRISS
SITTE	MANN	URLAUB	PÜREE
SCMALZ	DIELE	VORBILD	GEIGE
SCHIPPE	UNGLÜCK	GESTELL	LACK

Tabelle 29 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielworte. Wort: Haupteffekt Zielwort (T1, T2, T3), Zeit: Haupteffekt Zeit. Zur besseren Übersichtlichkeit sind signifikante ($p(F) < 0.05$) Ergebnisse hier und weiterhin grau hervorgehoben.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Wort	2	48	1.60	0.03	58.65	.0001
Zeit	2	48	0.13	0.01	21.57	.0001
Wort * Zeit	4	96	0.12	0.01	21.96	.0001

Tabelle 30 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der drei Zielworte getrennt für die drei Zeitabstände zwischen Prime und Probe. Worte: Haupteffekt Zielwort, T1 – T2: Kontrast Target 1 – Prime, T1 – T3: Kontrast Target 1 – Probe, T2 – T3: Kontrast Prime – Probe.

Zeitabstand	Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Zeit 1	Wort	2	48	0.80	0.01	60.85	.0001
	T1 – T2	1	24	1.85	0.03	69.29	.0001
	T1 – T3	1	24	2.85	0.02	158.60	.0001
	T2 – T3	1	24	0.11	0.03	3.12	.0901
Zeit 2	Wort	2	48	0.48	0.01	41.99	.0001
	T1 – T2	1	24	1.92	0.03	72.91	.0001
	T1 – T3	1	24	0.63	0.02	31.29	.0001
	T2 – T3	1	24	0.35	0.02	15.51	.0006
Zeit 3	Wort	2	48	0.55	0.01	41.41	.0001
	T1 – T2	1	24	2.19	0.03	66.31	.0001
	T1 – T3	1	24	0.41	0.01	32.48	.0001
	T2 – T3	1	24	0.71	0.03	20.70	.0001

Tabelle 31 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung des Target 1. Assoziiertheit (Ass): semantische Assoziiertheit zwischen Prime und Probe, Zeit (Z): drei Zeitabstände zwischen Prime und Probe, Interferenz (I): vorhandenes Probe bzw. abwesendes Probe.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiertheit	1	24	0.03	0.01	3.17	.0876
Zeit	2	48	0.00	0.01	0.13	.8823
Interferenz	1	24	0.00	0.01	0.55	.4675
Ass * Z	2	48	0.00	0.01	0.05	.9516
Ass * I	1	24	0.00	0.01	0.04	.8382
Z * I	2	48	0.01	0.00	1.40	.2566
Ass * Z * I	2	48	0.00	0.01	0.03	.9709

Tabelle 32 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung des Primes. Assoziiertheit (Ass): semantische Assoziiertheit zwischen Prime und Probe, Zeit (Z): drei Zeitabstände zwischen Prime und Probe, Interferenz (I): vorhandenes Probe bzw. abwesendes Probe.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiertheit	1	24	0.01	0.01	0.93	.3446
Zeit	2	48	0.01	0.01	1.10	.3417
Interferenz	1	24	0.03	0.01	3.32	.0810
Ass * Z	2	48	0.02	0.01	1.56	.2201
Ass * I	1	24	0.02	0.01	2.38	.1358
Z * I	2	48	0.00	0.01	0.28	.7469
Ass * Z * I	2	48	0.01	0.01	1.68	.1973

Tabelle 33 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung des Probes. Assoziiertheit (Ass): semantische Assoziiertheit zwischen Prime und Probe, Zeit (Z): Zeitabstand zwischen Prime und Probe, Erkennung (E): Erkennung des Primes (erkannt – nicht erkannt).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiertheit	1	24	0.29	0.03	9.62	.0049
Zeit	2	48	1.73	0.04	38.36	.0001
Erkennung	1	24	0.02	0.12	0.16	.6942
Ass * Z	2	48	0.01	0.02	0.47	.6158
Ass * E	1	24	0.38	0.03	11.85	.0021
Z * E	2	48	0.12	0.03	4.62	.0146
Ass * Z * E	2	48	0.09	0.02	3.55	.0364

Tabelle 34 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes für den Fall *erkannter Primes*.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiiertheit	1	24	0.67	0.03	19.54	.0002
Zeit	2	48	1.38	0.04	36.00	.0001
Interaktion	2	48	0.02	0.03	0.53	.5935

Tabelle 35 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes für den Fall *nicht erkannter Primes*.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Assoziiiertheit	1	24	0.00	0.03	0.13	.7246
Zeit	2	48	0.47	0.03	14.16	.0001
Interaktion	2	48	0.08	0.02	4.87	.0150

Tabelle 36 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes im Fall *erkannter Primes* für den Faktor der Assoziiiertheit (Ass) und getrennt für die drei Zeitunterschiede (Zeit 1 – 3).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ass in Zeit 1	1	24	0.10	0.02	4.46	.0453
Ass in Zeit 2	1	24	0.27	0.04	7.64	.0108
Ass in Zeit 3	1	24	0.33	0.04	8.06	.0091

Tabelle 37 Anhang. Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes im Fall *nicht erkannter Primes* für den Faktor der Assoziiiertheit (Ass) und getrennt für die drei Zeitunterschiede (Zeit 1 – 3).

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Ass in Zeit 1	1	24	0.08	0.02	4.81	.0383
Ass in Zeit 2	1	24	0.02	0.03	0.88	.3579
Ass in Zeit 3	1	24	0.06	0.02	3.20	.0861

Tabelle 38 Anhang: Ergebnisse der Varianzanalyse der Erkennensleistung der Probes getrennt für die drei Zeitunterschiede (Zeit 1 – 3). Betrachtet werden der Faktor Assoziiertheit (Ass) und Erkennung (E) des Primes.

Zeitabstand	Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
		Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Zeit 1	Assoziiertheit	1	24	0.19	0.02	8.92	.0064
	Erkennung	1	24	0.09	0.07	1.30	.2659
	Ass * E	1	24	0.00	0.02	0.03	.8639
Zeit 2	Assoziiertheit	1	24	0.07	0.02	2.77	.1092
	Erkennung	1	24	0.03	0.05	0.59	.4503
	Ass * E	1	24	0.22	0.04	6.21	.0200
Zeit 3	Assoziiertheit	1	24	0.05	0.03	1.60	.2184
	Erkennung	1	24	0.14	0.06	2.58	.1210
	Ass * E	1	24	0.33	0.02	13.26	.0013

Reizmaterial Experiment (4)

Distraktoren

EIBE	ESCHE	ZEDER	KIEFER
PAPPEL	AHORN	EICHE	KASTANIE
ERLE	WEIDE	TANNE	FICHTE
PINIE	LINDE	BIRKE	ROBINIE
ZYPRESSE	BUCHE		

Zielworte (a)

ABFALL	BENZIN	DRECK	FEIER
GIFT	HAUT	INSEKT	KISSEN
LOCH	MIETE	NUSS	PFANNE
RUHM	SALTO	TAFEL	ZWERG
AUSWEIS	KNOCHEN	SILBER	VORBILD
BONBON	SYMBOL	TABELLE	STRAND
DUSCHE	FLIESE	HAGEL	KLAUE
LOHN	MANTEL	PEDAL	STICH
ZENSUR	POLITUR	SCHIPPE	TEPPICH

Zielworte (b)

ATEM	BILLARD	DOSE	FLINTE
GARAGE	HELM	IMKER	KUCHEN
LEIM	MOMENT	NIXE	PFLANZE
REGEN	SCHERBE	SKLAVE	TEUFEL
VERRAT	ZAHN	ABSCHEU	BAHNHOF
SALBE	TURM	DIELE	FLEISCH
KLAMMER	HUHN	PFOSTEN	STRICK
TABAK	SCHAM	MILCH	KOFFER
PENSION	SUPPE	ZITAT	LAMPE

Tabelle 39 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung der beiden Zielworte. Wort (W): erstes oder zweites Zielwort, Kontrast T1 (KT1): Kontrast des ersten Zielwortes, Kontrast T2 (KT2): Kontrast des zweiten Zielwortes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Wort	1	13	3.22	0.07	47.81	.0001
Kontrast T1	2	26	0.27	0.01	34.38	.0001
Kontrast T2	2	26	0.41	0.01	56.00	.0001
Wort * KT1	2	26	0.23	0.01	35.85	.0001
Wort * KT2	2	26	0.36	0.01	56.40	.0001
KT1 * KT2	4	52	0.01	0.01	1.48	.2290
W * KT1 * KT2	4	52	0.01	0.00	1.56	.2021

Tabelle 40 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung des *ersten Zielwortes*, Kontrast T1 (KT1): Kontrast des ersten Zielwortes, Kontrast T2 (KT2): Kontrast des zweiten Zielwortes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Kontrast T1	2	26	0.50	0.01	98.38	.0001
Kontrast T2	2	26	0.01	0.00	2.37	.1137
KT1 * KT2	4	52	0.01	0.00	2.37	.0644

Tabelle 41 Anhang. Ergebnisse der übergeordneten Varianzanalyse der Erkennensleistung des *zweiten Zielwortes*, Kontrast T1 (KT1): Kontrast des ersten Zielwortes, Kontrast T2 (KT2): Kontrast des zweiten Zielwortes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
Kontrast T1	2	26	0.00	0.01	0.11	.8917
Kontrast T2	2	26	0.76	0.01	67.69	.0001
KT1 * KT2	4	52	0.01	0.01	1.13	.3498

Tabelle 42 Anhang. Ergebnisse der Kontraste der Erkennensleistung des *ersten Zielwortes* innerhalb des Faktors Kontrast T1, hoch - mittel: Kontrast hoher Kontrast - mittlerer Kontrast des ersten Zielwortes, hoch - niedrig: Kontrast hoher Kontrast - niedriger Kontrast des ersten Zielwortes, mittel - niedrig: Kontrast mittlerer Kontrast - niedriger Kontrast des ersten Zielwortes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
hoch - mittel	1	13	0.02	0.00	13.65	.0027
hoch - niedrig	1	13	0.60	0.00	168.71	.0001
mittel - niedrig	1	13	0.39	0.00	77.49	.0001

Tabelle 43 Anhang. Ergebnisse der Kontraste der Erkennensleistung des *zweiten Zielwortes* innerhalb des Faktors Kontrast T2, hoch - mittel: Kontrast hoher Kontrast - mittlerer Kontrast des zweiten Zielwortes, hoch - niedrig: Kontrast hoher Kontrast - niedriger Kontrast des zweiten Zielwortes, mittel - niedrig: Kontrast mittlerer Kontrast - niedriger Kontrast des zweiten Zielwortes.

Effekt	Freiheitsgrade		Mittlere Quadratsumme		F-Wert	Signifikanz p(F)
	Effekt	Fehler	Effekt	Fehler		
hoch - mittel	1	13	0.10	0.00	20.02	.0006
hoch - niedrig	1	13	0.97	0.01	101.19	.0001
mittel - niedrig	1	13	0.45	0.01	56.53	.0001

Dank für

Interesse und Wissensvermittlung

für

Unterstützung,

Hilfsbereitschaft

und Zuverlässigkeit

für Verständnis

für Zusammenarbeit und Vertrauen

und

für währendes Interesse

Dank für Freiraum

Dank für

Geduld

und -

Dank für

Freundschaft

und

Liebe

Frank Rösler

Judith Streb

Erwin Hennighausen

Matthias Wenning

Jonas Bauer

Eva Smolka

der AG

Dirk Vorberg

Rolf Ulrich

Martin Heil &

Lorenz Henneberg

Ich versichere, daß ich meine Dissertation

Was bleibt von einem Wort?

*Untersuchung zur semantischen Analyse nicht berichtbarer Worte im attentional blink:
Verhaltensdaten und Elektrophysiologie*

selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt und mich keiner anderen als den von mir ausdrücklich bezeichneten Quellen und Hilfsmittel bedient habe.

Die Dissertation wurde in der jetzigen oder einer ähnlichen Form noch bei keiner anderen Hochschule eingereicht und hat noch keinen sonstigen Prüfungszwecken gedient.

Tübingen, im September 2002

Bettina Rolke

Lebenslauf

Name: Bettina Rolke
geboren: 28.02.1971 in Frankfurt/Main
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung

Juni 1990 Abitur am Oberstufengymnasium Jacob-Grimm, Kassel

Studium

Oktober 1990 – Mai 1997 Studium der Biologie an der Philipps-Universität, Marburg
April 1996 Diplom-Hauptprüfung in Biologie
Mai 1996 - Mai 1997 externe Diplomarbeit am Fachbereich Psychologie der Philipps-Universität Marburg, Arbeitsgruppe Allgemeine und Physiologische Psychologie
Juni 1997 Diplom

Berufliche Tätigkeit

07.07.1997 – 31.10.2001 Wissenschaftliche Mitarbeiterin
in der Arbeitsgruppe Allgemeine und Physiologische Psychologie der Philipps-Universität Marburg
seit November 2001 Wissenschaftliche Mitarbeiterin
in der Arbeitsgruppe Allgemeine Psychologie und Methodenlehre der Eberhard Karls Universität Tübingen